



# ***Définition d'un système de transport innovant pour la Communauté d'Agglomération du Pays de Montbéliard : fonctionnement et gestion***

## **Rapport de synthèse final**

***Avril 2008***

*Tadvance*

## **Expérimentation et extension du service**

*Prorentsoft*



# PLAN

## **I. Introduction**

1. Contexte
2. Rappel des objectifs
3. Déroulement de la recherche

## **II. Résultats (Tadvance)**

1. Vue générale
2. Données, méthodes et résultats des simulations de zones de TAD
3. Prototype expérimental Modulobus'Noël

## **III. Expérimentation et extension du service (Prorentsoft)**

1. Fonctionnement et marchés du Mod'
2. Perspectives

# I. Introduction

## I.1. Contexte

Le Pays de Montbéliard est un fantastique laboratoire d'analyse des mobilités et de création de nouveaux services de transport offert aux scientifiques et aux aménageurs, de par la configuration multipolaire et la culture de ce territoire, tourné vers l'innovation et les nouvelles technologies. En partenariat avec la CAPM et l'ADUPM, le réseau scientifique **Tadvance**, composé de **Géographes** et d'**Informaticiens** de plusieurs universités (dont la Franche-Comté), a entamé dès 2004 un partenariat de recherche-action portant sur les transports innovants flexibles, plus spécifiquement sur les transports à la demande (TAD).

Ce travail de recherche et de prospective, d'une durée de **4 ans**, aujourd'hui complété par la **pérénnisation d'un service événementiel** à destination des salles de spectacles de la CAPM par la société partenaire **Prorentsoft**, est le fruit d'une réflexion parallèle au SCOT et au PDU. Il s'inscrit dans une politique résolument volontaire de la CAPM d'améliorer l'offre de transport et la mobilité sur son territoire.

Les partenaires impliqués sont les acteurs du territoire montbéliardais (**CAPM, ADUPM, CTPM** du groupe Kéolis), auxquels s'ajoutent des chercheurs et des ingénieurs spécialisés dans les transports à la demande et leur optimisation (**CNRS, Universités de Franche-Comté et d'Avignon, SARL Prorentsoft**). Ce partenariat pluridisciplinaire a été fructueux, dans la mesure où tous les maillons nécessaires à la mise en oeuvre de TAD innovants étaient représentés, à savoir, l'Autorité Organisatrice, le transporteur, les chercheurs, et, plus récemment, une société privée spécialisée dans l'édition de logiciels de gestion optimisée de TAD. Les acteurs locaux (CAPM/CTPM), comme les chercheurs (Tadvance), ont, notamment, à leur actif des expériences antérieures réussies

dans la mise en oeuvre de TAD (respectivement, pour la CTPM, Buxi à la CAPM, pour Tadvance, Evolis-gare à Besançon et Tadou dans le Pays du Doubs Central).

Ce rapport résume le travail de recherche-action développé par le réseau Tadvance et ses partenaires, depuis une réflexion sur les enjeux territoriaux en termes de mobilité sur le territoire de la CAPM, jusqu'à l'expérimentation, depuis 2006, d'un TAD flexible hautement technologique, via la réalisation de multiples simulations de services à la faveur de la redéfinition du réseau effectuée par la CTPM à mi-parcours. Il s'appuie sur les résultats obtenus et présentés dans les deux rapports intermédiaires : l'un portant sur les **simulations de TAD sur le territoire de la CAPM** (Décembre 2006) et l'autre sur **l'expérimentation du Modulobus-Noël** (Mars 2007). Ces résultats ne seront pas détaillés, mais nous chercherons à en extraire les **principales retombées en termes de recherche et d'action**.

A ce travail s'ajoute une rubrique intitulée "expérimentation et extension du service" qui propose une **analyse du service ayant fonctionné cette année et des perspectives**.

## ***1.2. Objectifs***

Le projet a visé à **accompagner une réflexion globale sur l'évolution de l'offre de service TAD sur le territoire de la CAPM**, en proposant différents niveaux d'analyse : **territoriale** (flux, demande de mobilité), **prospective** (reconfiguration/combinaison des zones de TAD existantes) et **technologique** (proposition d'un TAD spécifique, très flexible et intégrant des technologies avancées de réservation et de communication).

Les **objectifs** initialement définis étaient :

- (o1) de proposer des **systèmes intégrés de transport**, alliant **flexibilité** et **efficacité**, intégrant les récentes évolutions des **technologies de**

### **L'information et de la communication;**

- (o2) d'**améliorer l'accessibilité** dans le Pays de Montbéliard par des **services de transport attractifs** s'adaptant à la demande et pour tous les habitants du Pays, dans des coûts raisonnables pour la collectivité;
- (o3) de **simuler une évolution de l'offre de service** en prenant en compte l'impact économique et environnemental de leur mise en œuvre (gain de véhicules circulant, baisse des émissions de polluants, etc.).

Plusieurs **volets** d'investigation ont été évoqués lors du lancement du projet pour l'évolution des services de TAD existants :

- (v1) remplacement de (portions de) lignes existantes déficientes par des services souples;
- (v2) développement de services en frange horaire (en soirée, les dimanches, notamment);
- (v3) renforcement de l'accessibilité des pôles générateurs de déplacements par des services en intermodalité;
- (v4) proposition d'une offre originale à destination des centres-villes de Montbéliard et d'Audincourt;
- (v5) conceptualisation d'un véhicule (si possible propre) et gestion à l'aide de technologies embarquées et/ou centralisées de localisation et d'optimisation spatiale;
- (v6) proposition de méthodes avancées et préconisations de logiciels de gestion de l'information intermodale des services de transport, incluant les transports à la demande.

### ***1.2. Déroulement***

La recherche s'est déroulée en plusieurs **phases successives et complémentaires**, conformément à un échéancier établi lors de la signature de la convention de recherche. La première phase était réalisée en parallèle de la

reconfiguration du réseau proposé par la CTPM. La seconde phase débouchait sur le concept d'un service de TAD innovant. La dernière phase produisait une maquette utilisable pour l'expérimentation.

**Phase 1. (P1) *Recensement et analyse des données de référence en vue de la mise en place d'un TAD la semaine en convergence-divergence à pôles multiples, conforme au projet TAD de la CTPM.***

Cette phase consiste en plusieurs **tâches**, en lien avec la reconfiguration du réseau prônée par la CTPM :

- (p1.1) prise en compte de l'offre de TAD et des réseaux selon les éléments fournis par la CTPM;
- (p1.2) recensement des informations statistiques et géographiques disponibles et utilisables sur les zones de mise en oeuvre des services (zones Buxi) et constitution d'une base de données géographiques complète;
- (p1.3) estimation géographique de la demande potentielle et des reports modaux possibles;
- (p1.4) communication des résultats et des méthodes utilisées;
- (p1.5) préparation des bases de données appropriées pour les simulations (semis d'arrêts, matrices OD, affectations locales des potentiels de demande);
- (p1.6) intégration du noyau d'optimisation dans le simulateur de TAD « Sagiter » (Tadvance) pour l'analyse du fonctionnement de TAD en convergence-divergence sur pôles générateurs multiples;
- (p1.7) simulation du TAD dans ses différentes configurations avec évaluation des paramètres de fonctionnement économiques (R/D, déficit...), spatiaux (portée et forme des tournées...), et fonctionnels (taux de remplissage, temps d'attente, véhicules sollicités...);
- (p1.8) accompagnement et évaluation éventuels de l'expérimentation selon les choix de préconisations.

**Phase 2. (P2) *Proposition d'une offre renouvelée de services de***

**transport flexibles et partagés** (travail indépendant des évolutions techniques du réseau).

Cette phase permettait d'explorer des pistes d'évolution de l'offre, complémentaires aux services issus de la reconfiguration du réseau, à travers plusieurs tâches :

- (p2.1) re-considération des zones à enjeu;
- (p2.2) re-visite de l'offre de transport existante et potentielle (enquête ménage);
- (p2.3) définition de zones d'investigation pour les simulations et de services innovants;
- (p2.4) définition d'indicateurs économiques, sociaux et environnementaux;
- (p2.5) recherche de mise à disposition de véhicules propres (Peugeot, EDF);
- (p2.6) élaboration d'un système de gestion et de suivi des véhicules coopérants;
- (p2.7) élaboration de nouveaux services de transports complémentaires et flexibles;
- (p2.8) simulations socio-économiques et environnementales de ces transports innovants, géovisualisation des simulations;
- (p2.9) préconisations méthodologiques et choix d'un service de transport innovant et de site(s);
- (p2.10) proposition d'expérimentation;
- (p2.11) réflexions sur des systèmes « temps réels »;
- (p2.12) accompagnement et évaluation de l'expérimentation.

**Phase 3. (P3) Recours aux TICs pour la gestion des services de transports** (travail indépendant des évolutions techniques du réseau).

Cette phase débouche sur une maquette, en vue d'une expérimentation, suite aux choix méthodologiques et tâches suivantes :

- (p3.1) analyse critique de l'offre des TIC (avantages, limites, coûts...) en regard des besoins des transports flexibles en intermodalité;

- (p3.2) *ergonomie et systèmes embarqués (dont optimisation);*
- (p3.3) *information centralisée ou distribuée;*
- (p3.4) *protocdes d'échange d'informations;*
- (p3.5) *efficacité des systèmes de géolocalisation;*
- (p3.6) *faisabilité technique d'un système de réservation par internet;*
- (p3.7) *évaluation de l'opportunité de mise à disposition à la population de véhicules partagés sans chauffeur;*
- (p3.8) *Maquette d'un système embarqué pour la résolution du service proposé comprenant : composantes du service, système d'optimisation spatio-temporelle, système de géolocalisation, système de gestion de flotte de véhicules, contraintes ergonomiques;*
- (p3.9) *Maquette d'un système logistique de gestion optimale de services de transports en intermodalité via Internet;*
- (p3.10) *Préconisations méthodologiques pour la mise en oeuvre d'une offre de transport globalisée, reposant sur une offre de TC classique, sur des services de véhicules partagés et sur des TAD « haute technologie »*
- (p3.11) *Choix de site et proposition d'expérimentation*

## **II. Résultats**

### **II.1. Vue générale**

Le projet “*Définition d’un système de transport innovant pour la Communauté d’Agglomération du Pays de Montbéliard : fonctionnement et gestion*” a été le fer de lance de Tadvance, dans la mesure où il a sollicité et permis à un ensemble de chercheurs d’avancer significativement dans leur connaissance des TAD flexibles. Un **Chargé de Recherche CNRS, 4 Maîtres de Conférence, 3 doctorants** (dont 1 financé à 100% par ce projet et un second à 50%), **2 chargées d’études** en CDD (financés à 100% par ce projet) et de nombreux étudiants de Master ont ainsi participé à cette aventure. De nombreuses publications ont vu le jour (dont 2 thèses soutenues), les méthodes et les

technologies ont progressé significativement, plaçant le prototype Modulobus'Noël parmi les services les plus innovant au niveau mondial. Ce rapport est l'occasion de **remercier chaleureusement nos partenaires et financeurs, à savoir la CAPM, ainsi que l'ADUPM** pour avoir permis à ce projet de voir le jour.

A l'issue du projet de recherche, nous pouvons affirmer que globalement **les objectifs ont été atteints**. Plus précisément, certains objectifs ont été redéfinis au cours du projet en fonction des opportunités et des préconisations des partenaires opérationnels (TAD du Dimanche, par exemple). D'autres ont été abandonnés faute de partenariat (recours aux véhicules propres, par exemple) et compensés par l'approfondissement de thèmes particuliers, en accord avec la CTPM. C'est ainsi qu'en partenariat avec Prorentsoft, le réseau *Tadvance* a mis en oeuvre un prototype de TAD flexible et technologique, faisant suite à la maquette et aux préconisations proposées en fin de projet.

De plus, Tadvance s'était engagé à proposer des expérimentations à la fin de chaque phase, sans toutefois les mettre concrètement en oeuvre en termes logistiques (n'en ayant ni la capacité, ni la compétence, ni les moyens dans le cadre de ce projet). Pourtant Tadvance n'a pas seulement tenu ses engagements mais est même allé au-delà.

- Dès la première année, Tadvance a participé à la gestion du **TAD desservant le congrès Mobilis**.
- La seconde année, Tadvance a proposé des pistes pour la **(re)combinaison des zones de TAD en rabattement sur le coeur de réseau linéaire et l'organisation conséquente du service Buxi, en simulant un ensemble de critères économiques et fonctionnels**. Ces analyses n'ont toutefois pas été exploitées par les partenaires locaux pour une expérimentation, bien qu'elles aient pu accompagner le lancement du service Buxi Plus.

- La dernière année, **le prototype Modulobus'Noël a été conçu, puis expérimenté avec succès** (o1). Entièrement conçu dans le cadre de ce projet, Modulobus'Noël a été expérimenté fin 2006 pour la desserte du marché de Noël. Les simulations (o3) de TAD optimisé ont permis d'explorer le **regroupement potentiel de zones de TAD** sur le périmètre de la CAPM, même si elles n'ont pas été prises en compte par la CTPM dans leur stratégie de redéploiement de Buxi. L'ensemble des recherches a participé à l'objectif plus général (o2) d'**amélioration de l'accessibilité** dans le Pays de Montbéliard.

Une partie non négligeable du travail (surtout en phase 1) a consisté à participer à l'**accompagnement de la CAPM et de la CTPM dans la redéfinition du réseau**. Parmi les volets proposés initialement, nous avons tout d'abord focalisé notre attention sur le **développement de services en frange horaire ou spatiale** (v2). Nous avons ensuite travaillé sur la **prise en compte des générateurs de flux unique ou multiples** (v3 & v4 pour le centre de Montbéliard), sur les **modifications et remplacement de lignes préconisées** par la CTPM (v1, via les simulations) et sur le **développement de logiciels de gestion et d'optimisation de tournées de TAD dédiés au territoire montbéliardais** (partie de v6). L'aspect de gestion intermodale de services de transports incluant les TAD (seconde partie de v6) n'a pas été développé, la CTPM ayant son propre système de gestion intégré. Cela est toutefois en cours de traitement, puisque le TAD Mod' devrait être intégré dans la chaîne de transport offerte par la CAPM (intégration au service de réservation de la CTPM), grâce à un partenariat CAPM/CTPM/Prorentsoft. Enfin, le projet s'est davantage axé sur le **service de TAD et l'amélioration de sa logistique** plutôt que sur la conception d'un véhicule (propre) technologique (v5), même si l'utilisation des téléphones portables par les clients et les chauffeurs a permis des avancées importantes sur les modes de communication du service (prototype et expérimentation). En effet, les contacts pris avec Peugeot, EDF et Orange n'ont

pas débouché sur des partenariats pour le volet énergétique.

Cela nous amène à considérer essentiellement les deux principaux résultats du projet :

- les **simulations de zones de TAD optimisé(e)s** (premier rapport intermédiaire, phase 1 et très partiellement phase 2);
- le **prototype Modulobus'Noël**, expérimenté grandeur nature fin 2006 (second rapport intermédiaire, phases 2 et 3).

## ***II.2. Données, méthodes et résultats des simulations de zones de TAD***

Les chercheurs ont ici, à partir des informations mises à disposition par la CAPM, l'ADUPM et la CTPM, effectué plusieurs travaux successifs afin de réaliser les simulations de TAD sur le territoire de la communauté d'agglomération, sur la base (i) d'un réseau proposé par la CTPM (renforcement du coeur de réseau, déploiement de TADs en rabattement, réduction ou suppression de lignes régulières remplacées par des TAD) et (ii) d'un ensemble de zones TAD Buxi éparses sur le territoire. Toutes les tâches identifiées de p2 (de p1.1 à p1.8) ont été réalisées. Dans ce cadre, les tâches et questions p2.1, p2.3, p2.4, p2.8 ont également été abordées, puisque les simulations nous ont amené à réfléchir aux perspectives d'évolution du service de TAD sur l'agglomération.

### **Réalisation d'une base de données et d'informations géographiques des réseaux et de la demande probable.**

Cette étape inclut :

- le **recensement et l'intégration des informations** numériques (bases de données géographiques, rapport de fonctionnement du service, identifications des arrêts des zones TAD, etc.);
- la **mise à jour des données de réseau** (validation topologique du réseau,

semis d'arrêts complété par ajout d'arrêts dans des zones non desservies, calcul des matrices de distances et de temps Origines-Destinations);

- l'**estimation de la demande** selon les données de fréquentation CTPM et les fichiers INSEE (géomarketing);
- l'**affectation locale des potentiels de demande aux arrêts** prédéfinis pour les simulations de TAD.

### **Méthodologie de simulation**

Il s'agit ici de définir les conditions de réalisation des simulations du TAD à partir des données disponibles et de pré-évaluations fonctionnelles :

- définition des **critères d'évaluation** (indicateurs d'efficacité économique, critères de qualité de service, estimation du nombre de véhicules requis, temps et des distances de parcours des courses et des tournées, etc.)
- tableur (Excel) de **pré-estimation de l'efficacité des TAD** compte tenu des modèles de calcul géostatistiques développés par Tadvance : outil utilisé pour fournir des ordres de grandeurs économiques et pour proposer des regroupements de zones Buxi (aide à la définition des scénarios des simulations);
- **modification et adaptation du noyau d'optimisation éprouvé** (coeur de Resad2) sur le territoire de Besançon pour le TAD Evolis-gare depuis 2001, afin qu'il s'applique à des dessertes multiples de générateurs (partie Nord de l'agglomération : Acropole et Hôpital et Pied des Gouttes, partie Sud : Temple et Arbletler). Rappelons que la méthode utilisée vise à regrouper les passagers dans les véhicules et à réduire le nombre de ces derniers et les distances qu'ils parcourent, et que l'erreur moyenne des estimations du simulateur de TAD a été évaluée à environ 10% dans des recherches précédentes et des conditions similaires d'utilisation;
- **conception et réalisation d'un noyau d'optimisation novateur OptimACT**. Ce noyau apporte une réponse à la flexibilité des offres de

transport dans les schémas d'organisation (gestion de flottes à disposition de l'opérateur de transport, convention avec des taxis), (i) dans la montée en charge pour de petits flux (<20 requêtes par offre de service), des flux moyens (entre 20 et 100 requêtes), et des gros flux (>100 requêtes), (ii) dans l'immédiateté d'accès au service (vers du temps réel), (iii) dans le contrôle de la qualité de service et également la garantie du service.

L'invention majeure scientifique sous-jacente est la définition de l'objet ACT (Arbre Couvrant Tentaculaire) qui est, au réseau de transport et à la demande de service, la réponse adaptée garantissant un temps de calcul maîtrisé, une prise en compte de la forme des tournées de véhicules et une optimisation de gestion de la flotte (un seul parcours sur le réseau, un encadrement des véhicules nécessaires et suffisants à la garantie de service, un calcul exact ou approché adapté au besoin d'immédiateté et au passage à l'échelle). Ces travaux ont donné lieu à de nombreuses publications.

- choix de **loi de répartition statistique et spatiale** de la demande en termes d'origine et de destinations (modèle gravitaire bayésien et loi Gamma).

### **Simulation de TAD.**

De nombreuses simulations ont été effectuées, compte-tenu d'une grande variété de scénarios décrits dans le rapport intermédiaire et de l'obligation de convergence des résultats pour qu'ils aient une validité statistique. Les étapes ont ici été :

- **définition des scénarios** : ceux-ci sont issus de la combinatoire de **plusieurs critères**, par exemple :
  - le pôle de rabattement final à desservir : Acropole ou Temple;
  - le choix de la zone TAD (14 possible) ou de l'agrégat (6 testés) de zones considérées ;
  - les fréquences possibles de départs de TAD, soit 6, 8 ou 10 départs

potentiels de TAD par zone ou agrégat de zones, testées sur 260 jours possible sur l'année;

- le taux de pénétration du service, sur la base des quantités de clients captés par arrêt, soit des volumes globaux de 3500, 7000, 14000 ou 28000 voyages/an selon les scénarii;
- type de véhicules (capacité en places assises) et mode d'organisation logistique (3 cas de figure testés)
- **réalisation de simulations intensives du TAD optimisé** (2 500 000 départs de TAD ont été testés);
- **évaluation des critères de fonctionnement économiques** (ex : R/D), **spatiaux** (ex : temps et distances parcourues) et **fonctionnels** (ex : nombre et types de véhicules).
- **production et analyse des résultats des simulations** (indicateurs).

Les résultats de ce volet ont, d'une part, été fructueux en termes de **recherche**. En effet, la généricité et l'adéquation du simulateur et du noyau d'optimisation au problème posé ont été évalués. Ils posent les bases d'un simulateur de TAD en convergence applicable à de nombreux territoires et types de services.

D'autre part, nous avons pu constater que **les agrégats de zones, s'ils étaient traités comme des ensembles cohérents à desservir, pouvaient générer, pour la plupart d'entre eux, des tournées de véhicules tout à fait efficaces** pour l'opérateur de transport et la collectivité et acceptables pour le client (du point de vue des temps de parcours).

Enfin, nous avons exploré **plusieurs modes d'organisation et de dimensionnement de la flotte de véhicules**, dont certains se sont révélés largement plus économiques que d'autres pour la collectivité.

A notre connaissance et à notre grand regret, aucune des pistes issues de ces résultats n'a toutefois été considérée, ni prise en compte pour l'évolution de l'offre effective. Il est vrai toutefois qu'au moment de la restitution de ces résultats devant les partenaires et les élus, les chercheurs de Tadvance n'ont pas

été suffisamment clairs et convaincants pour susciter un intérêt particulier et une suite opérationnelle.

### ***II.3. Prototype expérimental Modulobus'Noël***

Les seconde et troisième phases du projet ont permis de définir un prototype de TAD très flexible et basé sur les nouvelles technologies de l'information et de la communication, ainsi que sur un nouveau noyau d'optimisation spécifiquement développé à cette occasion.

Un concept de transport a tout d'abord été défini indépendamment du réseau existant et en relation avec les demandes particulières de la CAPM. Les tâches des phases 2 ont été continuées ou entamées puis réalisées : p2.1, p2.2 (sauf enquête ménage, indisponible au moment de l'étude), p2.3 , p2.6, p2.7, p2.9 à p2.12. La piste p2.5 d'un véhicule propre a été abandonnée, faute de partenariat engagé et également à cause de la capacité limitée des véhicules en termes énergétiques.

A l'issue de cette analyse des expérimentations potentielles, il a été alors décidé de proposer un service de type événementiel, c'est à dire en convergence sur un ou plusieurs lieux et arrêts, lors de moments de fortes concentrations de populations. Le **marché de Noël de Montbéliard**, particulièrement prisé et visité, a été l'objet de l'expérimentation du prototype de TAD appelé "Modulobus'Noël". Ce TAD a permis de desservir le marché de Noël du centre de Montbéliard pendant 4 dimanches du mois de décembre 2006 (les 03,10, 17 et 24 décembre).

Les **objectifs** de cette expérimentation étaient :

- d'**accroître et diversifier l'offre** de TAD;
- de **tester la robustesse et la fiabilité d'un service très flexible**;
- d'**évaluer l'intérêt de la population** pour un tel service, à pérenniser si besoin pour la desserte d'évènements ou de sites spécifiques;
- de **mesurer la capacité des méthodes de gestion et d'optimisation de**

**TAD développées à regrouper les passagers** dans les véhicules.

**L'expérimentation du Modulobus a été rendue possible grâce aux moyens financiers débloqués par la CAPM pour la logistique mise en oeuvre par la société partenaire Prorentsoft.**

Nous pouvons décliner les apports principaux de l'expérimentation en deux points essentiels : la qualité de service et l'innovation. Pour plus d'information, se référer au rapport intermédiaire d'expérimentation.

### **Qualité de service.**

Le Modulobus'Noël a été pensé comme un **TAD au plus près de la population et de ses besoins d'accessibilité aux centres d'intérêts urbains.**

Ce service était en effet ouvert à tous, sans distinction, avec une tarification simple vers une destination festive commune : le marché de Noël. Les personnes pouvaient réserver le dimanche à tout moment de la journée pour un départ dans l'heure : il n'était pas nécessaire de réserver la veille ni même plusieurs heures à l'avance. Au-delà de ce délai, il a été toutefois possible de les acheminer à leur destination en détournant les véhicules de leurs trajets initialement prévus si les conditions le permettaient (marges de manoeuvre de temps) ou dans la demi-heure qui suivait l'horaire de prise en charge qu'ils avaient demandé (en cas de saturation de la tournée). Un horaire était communiqué au client dès sa réservation acceptée. La fréquence des départs a été en moyenne de l'ordre de l'heure. La réservation a pu s'effectuer, soit par Internet (réservation possible toute la semaine et le week-end), soit par téléphone auprès d'un téléconseiller (standard ouvert les dimanches du marché de Noël et certains samedi).

Pour résumer, plusieurs aspects caractérisent le service :

- disposer d'un **accès proche au service** grâce à un **semis d'arrêts très dense et bien réparti** sur le territoire; à ce titre de nombreux arrêts (virtuels, sans matérialisation) ont été ajoutés dans les tissus ruraux et urbains intersticiels;
- offrir aux clients des **conditions de réservation aisées et une bonne disponibilité du service** (fréquence moyenne toutes les heures et possibilité de prise en charge en temps quasi-réel selon disponibilité);
- **faciliter l'accès à l'information entre le service et les clients**, par une géolocalisation des arrêts les plus proches du domicile du client sur googlemap, les propositions de service et l'état des tournées visibles sur le net, des messages de confirmation de réservation du service entre chauffeur et client.

Une première **analyse qualitative de la satisfaction des clients** via des questionnaires distribués pendant le trajet a montré l'intérêt du concept auprès des utilisateurs (cf. rapport d'expérimentation).

Toutefois, le caractère ponctuel, et confidentiel sur une durée partielle de l'expérimentation, du service proposé, n'a pas permis d'obtenir un taux de pénétration très élevé.

### **Innovation.**

Le TAD proposé repose sur le développement d'un ensemble de technologies de pointe dans les domaines de l'information, de la communication, de l'optimisation et de l'intégration logicielle de plusieurs modules fonctionnels et complémentaires.

D'une part, le recours à GoogleMap comme **visualisateur des arrêts sur fond de plan cartographique** a constitué une première dans l'accès à la réservation d'un TAD. Il s'agit d'un véritable **Système d'Information Géographique**

consultable par tous et à tout moment et dédié à la mobilité. Le choix du lieu de prise en charge et de destination se fait avec un simple clic sur l'arrêt choisi. L'API GoogleMap autorise une recherche et une visualisation des accès au service. La proposition des offres de service (horaires, nombre de voyageurs, tarification) est ensuite intégrée à un processus complet de réservation (cf. livrable de fin de phase 2 et d'expérimentation de Modulobus'Noël). Cette approche permet notamment de maîtriser la qualité de service proposé, côté opérateur du service (webmaster et téléconseiller). Elle contribue à proposer une interface ergonomique, novatrice, essentielle à la réservation et à la gestion optimisée. Le télé-opérateur, et aussi le client qui réserve sur Internet, peuvent visualiser leur demande de service (traçabilité, récapitulatif).

D'autre part, l'accent a été mis sur les **protocoles d'échange de messages informationnels** du service, du client vers le chauffeur et vice-versa. Notamment, les différentes versions de feuilles de route, modifiées en fonction de la demande, sont reçues sur le téléphone portable du chauffeur, permettant une **adaptation rapide et dynamique des trajets**. Chaque utilisateur/client du service reçoit un SMS qui rappelle la prise en charge prochaine (horaire à 20' voire 1h, lieu), et qui précise le véhicule affecté au final pour opérer la course.

Enfin, les chercheurs de Tadvance ont réalisé un important travail d'**intégration des modules et de sécurisation du service**. En effet, une demande de transport déclenche automatiquement une chaîne complexe et orientée d'actions : réservation, optimisation, feuille de route, vérification, puis exécution de la tournée. Ce travail s'inspire d'une part, d'approches formelles, et, d'autre part, de multi-processus adaptables et coopératifs. Il constitue une réponse remarquable, à la fois pour nos communautés scientifiques mais aussi pour les professionnels des services en mobilité. Les systèmes prototypes conçus et expérimentés offrent la garantie de service et de gestion optimale dans un cadre très flexible : demande de transport variable, disponibilité des véhicules

variables, organisations de service changeant (fréquence, cabotage, ligne virtuelle, point à point, vers du porte-à-porte, ...), politiques tarifaires, immédiateté du service de transport.

En conclusion de cette rubrique, nous pouvons dire que l'**expérimentation du Modulobus'Noël a apporté beaucoup aux chercheurs comme à la CAPM** de par :

- la **création d'un nouveau service à la demande, de grande qualité** de service,
- le **caractère extrêmement innovant du concept** (technologies, accès au service, noyaux d'optimisation).

Dans la toute dernière phase du projet, le réseau Tadvance s'est associé à la société Prorentsoft pour réaliser :

- dans un premier temps l'**expérimentation du Modulobus'Noël** (fin 2006),
- puis, dans un second temps, un **transfert technologique du prototype**, dont le fonctionnement a été étendu à des dessertes événementielles des salles de spectacle (2007-2008).

### **III. Expérimentation et extension du service**

Le service Modulobus'Noël s'est logiquement arrêté après le marché de Noël de 2006. Le prototype a toutefois été reconduit, sous une forme similaire, mais un peu différente en termes de desserte et de fonctionnement. Ce rapport est l'occasion de faire le point sur un peu plus de 6 mois de fonctionnement du TAD et d'ouvrir sur des perspectives.

#### **III.1. Fonctionnement et marchés du Mod'**

Afin de rendre opérationnel le système Modulobus'Noël, et d'en élargir

l'expérimentation, il a été nécessaire d'établir un **partenariat conventionné entre la Société ProrentSoft d'une part, et les inventeurs du système** (CAPM, les universités de Franche Comté et d'Avignon, à travers leurs laboratoires LIFC et ESPACE), d'autre part. Dans un addendum à la convention, les laboratoires, dans une **démarche de transfert**, se sont engagés à **accompagner les autorités organisatrices et la société Prorentsoft dans l'exploitation du prototype mis à disposition dans le cadre d'une expérimentation qui s'étale de Octobre 2007 à Juin 2008.**

Cette expérimentation concerne la **desserte du marché de Noël et des principales salles de spectacles** (Mals, Allan, Palot). Pour les spectacles, les clients sont les abonnés ou des spectateurs occasionnels se rendant dans l'un de ces établissements. La réservation peut s'effectuer :

- soit par **Internet** (réservation possible toute la semaine et le week-end);
- soit par **téléphone** auprès d'un téléconseiller (coût d'une communication locale). Le standard était ouvert tous les jours du lundi au vendredi de 18 H à 22 H et les samedis et dimanches de Novembre et de Décembre pour le marché de Noël.

Accompagnée par Tadvance, la société **Prorentsoft a intégré et complété les interfaces développées préalablement dans un système de gestion et d'optimisation des tournées**, mis en place pour les réservations et l'édition des feuilles de routes pour les chauffeurs des véhicules. Ces derniers reçoivent l'information par SMS sur leurs téléphones portables (séquence d'arrêts des tournées optimisées et détours éventuels demandés). Le chauffeur reçoit ainsi sur son portable les indications de desserte à chaque requête modifiant son trajet établi. Tous les chauffeurs sont munis de GPS pour faciliter leurs déplacements et la plupart s'en servent. Les clients reçoivent également une confirmation de leur réservation et des informations propres au véhicule les prenant en charge (n° d'immatriculation et téléphone).

Parallèlement au transfert technologique, le réseau Tadvance a enrichi ses apports par le **développement d'une interface plus générique (système Mod'Gen)** que celle ayant géré le système Modulobus'Noël. Ce système, qui n'était pas prévu initialement dans les livrables de la présente convention, complète avantageusement le système développé pour Modulobus'Noël en 2006:

- il supporte **plusieurs services de réservation** à destination de la MALS, l'ALLAN et le PALOT, et le Marché de Noël;
- il traite la **multi-convergence événementielle** (prise en compte conjointe de ces différents sites à desservir);
- il réalise du **multi-service concurrentiel**, en traitant simultanément les événements de la Mals et du théâtre de l'Allan, ou bien encore de la Mals et du Palot, et en gérant l'exclusion nécessaire des contraintes de ressources, comme des véhicules;
- il garantit le service de transport en vérifiant la **disponibilité du service** tout en **optimisant la gestion de la flotte**;
- il rend le service plus robuste et plus sécurisé (du point de vue de sa gestion informatique).

Pour l'expérimentation 2007 - 2008, le transport a été effectué à l'aide de **véhicules d'une capacité de 5 à 8 places**, et non de bus. Cinq véhicules étaient disponibles :

- 3 microbus 8 places assises (Renault Trafic)
- 2 véhicules 5 places assises (Renault et Mercedes)

**Trois chauffeurs** ont été embauchés en intérim, **deux taxis** ont été sollicités et rémunérés au forfait journalier. Pour le marché de Noël, les véhicules étaient répartis en début de journée sur le territoire en fonction de la demande potentielle estimée et attendaient leurs feuilles de route (localisations : Etupes, Arbouans, Montbéliard, Audincourt, Vieux Charmont). Pour les théâtres, les

véhicules sont stationnés au départ de Montbéliard centre.

Le tarif du voyage pour la desserte du Marché de Noël de 2007, comme en 2006, a été fixé à **1,5 euros pour l'aller-retour** (même tarif si la personne ne prend que l'aller ou le retour) et à **0,75 centimes d'euros à partir de la deuxième personne.**

Après une discussion approfondie entre les partenaires et la rédaction d'une **note de synthèse sur la tarification par Tadvance, le tarif du voyage pour les salles de spectacles a été fixé selon des modalités originales.** La méthode se base sur une **tarification à modalités variables.** Deux éléments rentrent en ligne de compte : **la flexibilité horaire que le client est prêt à accepter** et le **nombre de personnes ayant réservé et voyageant ensemble**<sup>1</sup>. Le premier critère permet au service d'étaler les pics de demandes éventuels pour des événements à horaires fixes fortement générateurs de flux et de demande, en incitant les clients à avoir une activité complémentaire au spectacle lui-même (restauration, par exemple). Le second critère permet de favoriser le regroupement des passagers dans les véhicules et de réduire les véhicules roulants.

Si le client se déplace en ayant recours à l'offre de service la plus proche en temps de l'horaire du spectacle ou qu'il réserve en « temps réel », il paye le prix normal<sup>2</sup>. S'il prend un service avant (en convergence) ou après (en divergence) l'offre la plus proche en temps du spectacle, il paye un prix minoré<sup>3</sup>. Par ailleurs, le prix par personne diminue pour deux et trois clients; au-delà il est stable. Les possesseurs de cartes CTPM bénéficient également d'une réduction supplémentaire de 0,5 € par voyage. La grille tarifaire, pour l'aller et le retour est la suivante (tarif par voyageur en €) :

nb de voyageurs <sup>1</sup>	tarif normal <sup>2</sup>	tarif minoré <sup>3</sup>
<b>1</b>	<b>3 €</b>	<b>2,5 €</b>
<b>2</b>	<b>2,5 €</b>	<b>2 €</b>
<b>3 et +</b>	<b>2 €</b>	<b>1,5 €</b>

Comme lors de Modulobus-Noël 2006, les chauffeurs encaissent les recettes à la montée des passagers et leur distribuent le questionnaire d'évaluation du service élaboré par Prorentsoft-CERTU, questionnaire que les voyageurs rendent à l'issue de leur voyage. Outre sa fonction de conducteur, le chauffeur explique le contexte de réalisation et les objectifs de l'expérimentation du Modulobus-Noël et du Mod' aux voyageurs. Nous attendons de disposer d'un cumul suffisant de questionnaires pour réaliser une analyse statistique fiable.

Toutefois, une première analyse de satisfaction (via les discussions entre les chauffeurs et les clients) révèle que **les clients** n'ont eu aucun problème pour repérer les véhicules (équipés dès 2008 d'une lumière fluorescente verte à l'intérieur) et **ont tous apprécié la qualité de service**. A l'unanimité, **le prix est évalué comme correct**. Les clients pensent majoritairement que le Mod' est un **service d'avenir** et devrait être exploité sur des **destinations plus tournées vers le grand public**.

En termes de nombre de voyages, le service a enregistré :

- en décembre **2007**, pour le marché de Noël, 12 réservations (**24 courses** pour le réveillon du 31 dans le cadre de cité rêvée);
- dans la première moitié de l'année **2008**, 20 réservations (soit **40 courses**).

Le chiffre est inférieur à l'année 2006, à cause notamment :

- du **faible marché potentiel** (quelques centaines de spectateurs les jours de spectacle) au lieu des 140000 habitants potentiels de la CAPM (deuxième quinzaine d'expérimentation de décembre 2006 ayant suivi la restriction au panel) qui pouvaient avoir accès au Modulobus-Noël;

- du **caractère de l'offre de service, très ciblée sur une niche** (spectacle, qui plus est, à voir en famille ou entre amis, à des moments de la journée sans difficulté de parking, ni de circulation routière);
- du fait d'un **manque de communication au début de l'opération**. La société Prorentsoft a proposé ses services et a préparé des maquettes d'affiches et des dépliants pour la présentation du service. Le service communication de la CAPM a lancé une seconde campagne d'affichage en Avril 2008. Les destinations vers les spectacles ont enregistré de 2 à 6 réservations maximum par spectacle. Sur une soirée, nous avons obtenu un total cumulé de 18 réservations (soit 38 courses) à ce jour.

Pour la saison 2007 – 2008 la réservation (serveur + téléphone) à été assurée à Meyreuil (Aix-en-Provence). Le transfert du service initialement prévu en 2007 ayant été retardé pour des raisons techniques, a été repoussé à l'ouverture de l'antenne de Prorentsoft sur le territoire de la CAPM.

Comme pour la saison 2006 – 2007, aucun incident particulier n'est à déplorer côté tournées de véhicules. Avec l'aide du GPS et leur téléphone portable, les clients ont aisément pu rendre leur service. Par ailleurs, il y a eu une grande majorité de tournées en origine-destination simple sans détour. En cas de montée en charge des flux, il faudra encore tenir compte des manipulations sur le GPS qui peuvent faire perdre inutilement du temps au chauffeur. La R&D de la société Prorentsoft travaille actuellement sur cette problématique dans le cadre du projet ANR – PREDIT.

En annexe, plusieurs captures d'écran présentent l'**évolution de l'interface de l'offre actuelle de service selon les destinations et les fonctionnalités activées**.

### **III.2. Perspectives**

La deuxième campagne d'affichage a d'ores et déjà apporté des résultats :

- **prise de conscience du service;**
- **interrogation et demande d'explication** par le grand public;
- **demande de réservations pour des opérations et d'autres destinations** non prévues à ce jour (exemple : desserte des cinémas, aéroport de Mulhouse, transfert pour des soirées privées organisées par des associations, demandes par certains services de la CAPM de disposer du transport pour des sorties ou des organisations annexes, transport occasionnel pour les enfants).

En résumé, le **Mod' est aujourd'hui un service de qualité, clairement perçu comme souple, réactif, accessible, innovant, répondant à des besoins occasionnels, des dessertes événementielles.**

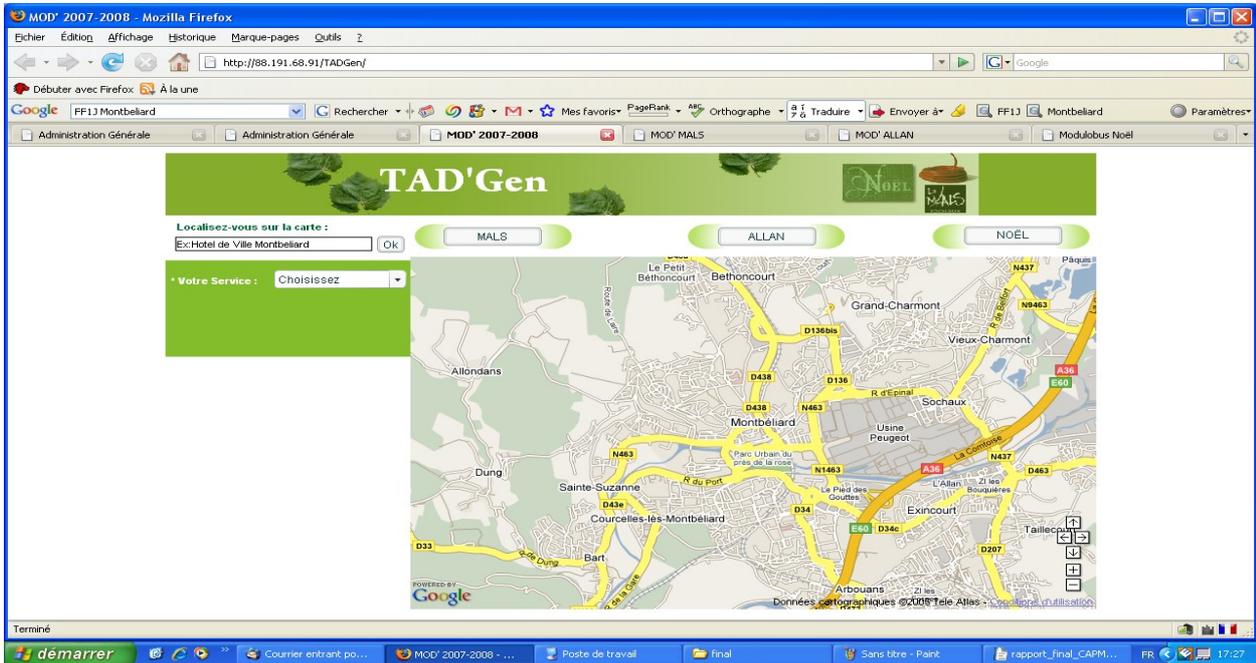
Le consortium Tadvance/Prorentsoft annonce par ailleurs qu'il a :

- **acquis une ANR-PREDIT pour 3 ans (2008-2011)** permettant de continuer ce programme de recherche-développement-action sur le site de Montbéliard;
- **déposé un projet européen (Libertas)** pour réaliser des expérimentations complémentaires du Modulobus sur d'autres sites géographiques français (Bretagne) et de présenter, sous forme de démonstration, le concept en question aux collectivités européennes les plus en pointe dans le domaine de TAD flexibles (pays partenaires : France, Belgique, Suède, Finlande, Italie, Pays-Bas, Irlande, Royaume-Uni).

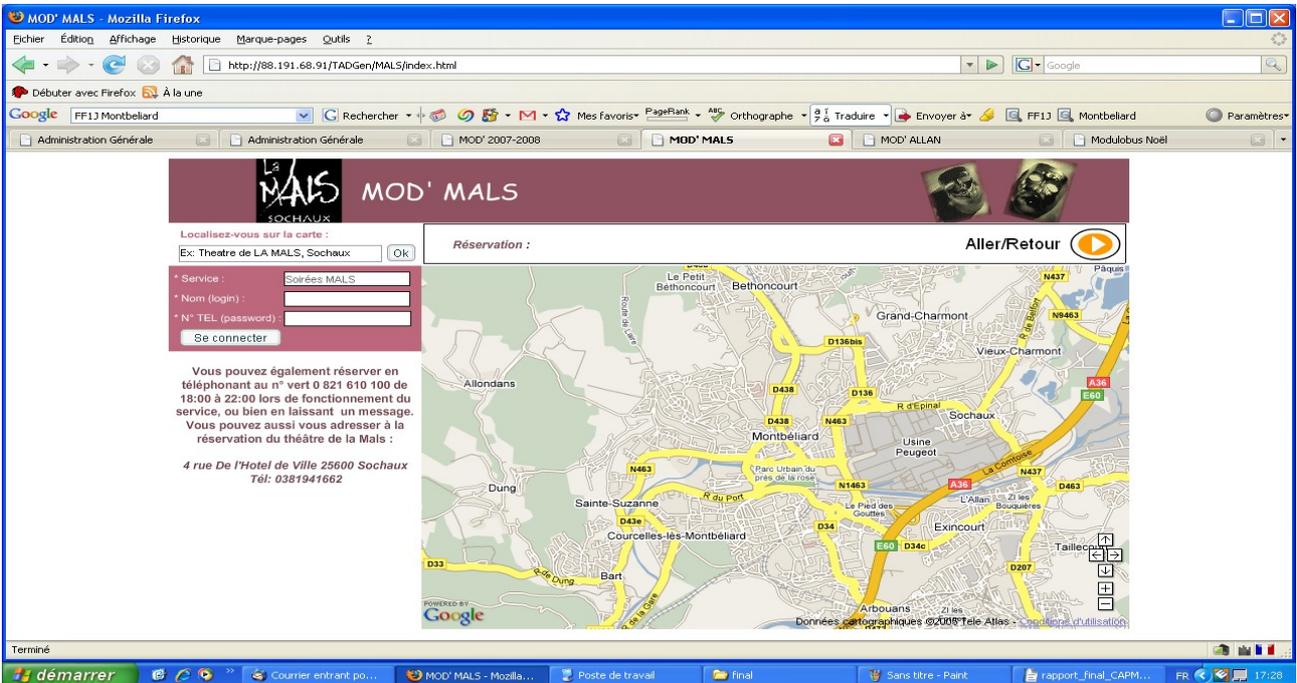
### **III.3. Annexes : interfaces**

Ce rapport n'étant pas technique, nous nous contenterons de fournir, pour information, quelques copies d'écran des différentes interfaces de gestion du service, en fonction de la destination cible ou de la fonctionnalité.

# Accueil



# Service Mod'Mals



## Service Mod'Allan

MOD' ALLAN - Mozilla Firefox

Localisez-vous sur la carte :  
Ex: Theatre de l'Allan, Montbéliard Ok

Service : Soirées Allan  
Nom (login) :  
N° TEL (password) :  
Se connecter

Vous pouvez également réserver en téléphonant au n° vert 0 821 610 100 de 18:00 à 22:00 lors de fonctionnement du service, ou bien en laissant un message. Vous pouvez aussi vous adresser à la réservation du théâtre :  
54 rue Clémenceau 25204 MONTBELIARD  
Tél: 03 81 91 37 11

Réservation : Aller/Retour

Terminé

## Service Mod'Noël

Mod'Noël

Localisez-vous sur la carte :  
Ex: rue Clemenceau, Montbéliard Ok

Numéro du parrain :  
Numéro de ticket :  
Nom du parrain : CAPM  
Se connecter

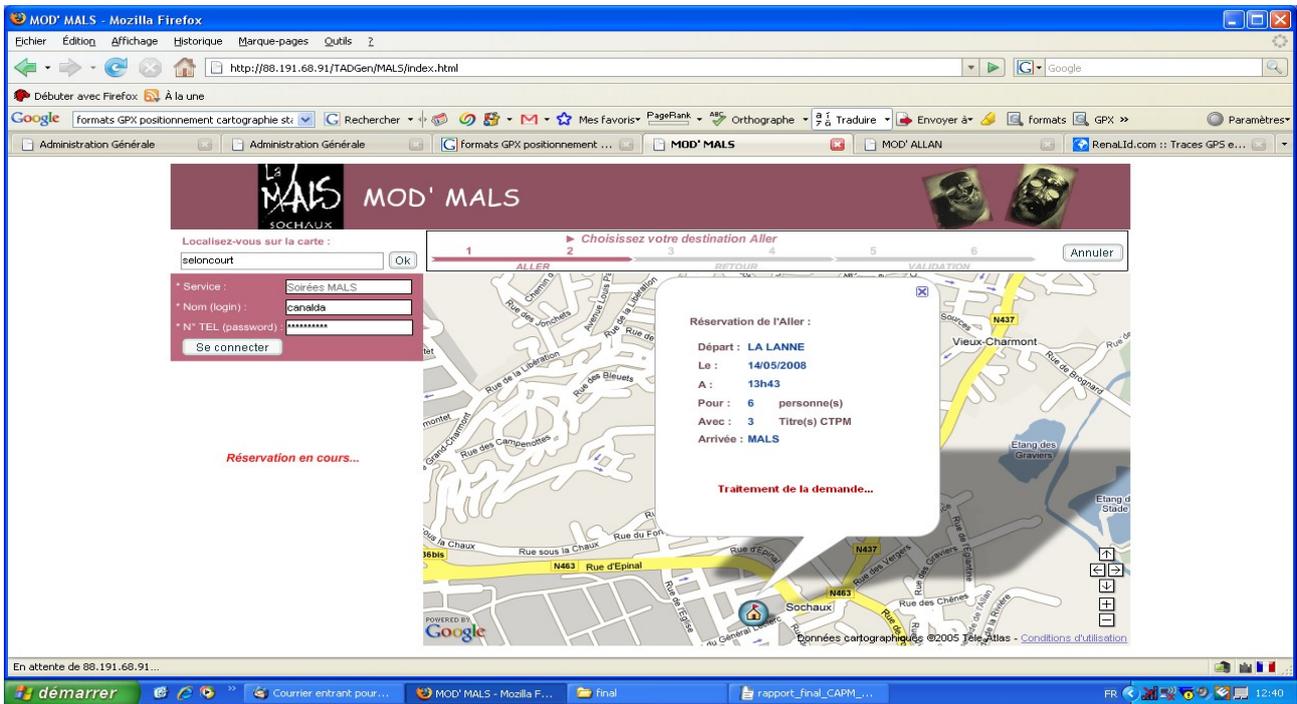
Reservez également par téléphone au n° vert 0 821 610 100

Cliquez pour réserver votre aller / retour : Aller et Retour Retour Simple

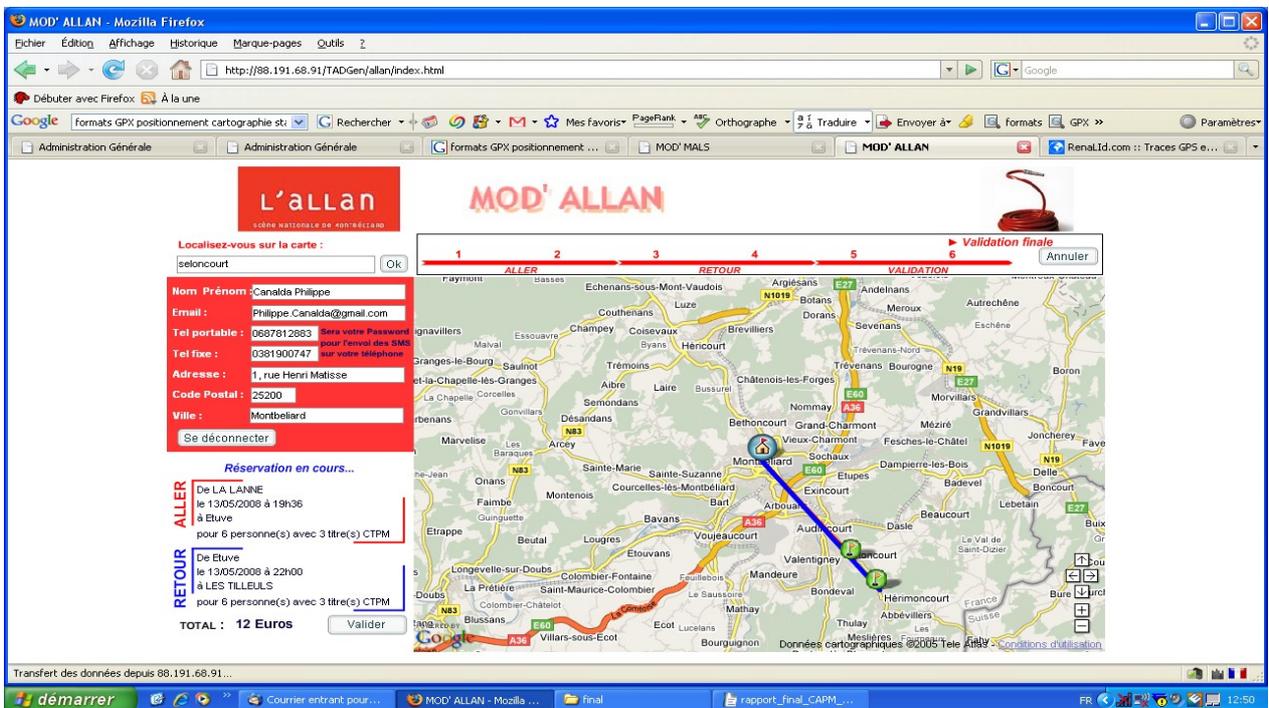
Réservation au n° vert 0 821 610 100, tous les jours entre 17:00 et 22:00 et de 9:00 à 20:30 les week-end  
\* Pour enregistrer un nouveau client cliquer sur le bouton "Se connecter"

Terminé

# Réservation



# Visualisation d'une course



## Gestionnaire de la chaîne de traitement

Dispatching - Mozilla Firefox

http://88.191.68.91/TADGen/dispatch/dispatching.php?annee=2008&dev=4#4

Année: 2007 | 2008 | Mois: 01 | Direction: Convergence | Divergence

Elle contient 4 offre(s)

Afficher 5 offre(s) ✓

OFFRE (nb course)	DATE	DIRECTION	INCOMPATIBILITE	SMS	MOTEUR
l'offre 8 (4)	2008-05-14 15:00:00	Divergence	incompatible avec l'offre 0	●	●● Lancer le Moteur
l'offre 7 (4)	2008-05-14 14:00:00	Convergence	incompatible avec l'offre 0	●	●● Lancer le Moteur
l'offre 4 (1)	2008-05-13 22:00:00	Divergence	incompatible avec l'offre 0	●	●● Lancer le Moteur

5 vehicule(s) disponible(s) :

1-Chauffeur	2-TEST	3-DOMON	4-Welsch	5-Dubourgeois
8 places	8 places	8 places	7 places	6 places

Voici

idcourse	heure Souhaitée	nbPersonne	Personne	date de Réservation	statut
357	2008-05-13 22:00:00	2	chippeaux	2008-05-05 16:25:02	2

De MONTBELIARD (ETUVE) vers VOUEAUCOURT (LA CHARMOTTE)

chippeaux grégory (0678143521)  
Date : 2008-05-06 12:55:16  
Statut : Attente

Course N° 357  
Evènement : Allan  
Arrivée : ETUVE (MONTBELIARD) à 22h00  
Prix = €  
Vehicule : 6464 TB 89  
Tel : 0 821 610 100

Vous pouvez télécharger les fichiers d'entrée et de sortie du moteur.

Fichier source  
(offreService 4 364.xml)

Fichier résultat  
(offreService 4 364 resultat.xml)

chippeaux grégory (0678143521)  
Date : 2008-05-06 12:55:16  
Statut : Attente

Course N° 357  
Evènement : Allan  
Arrivée : LA CHARMOTTE (VOUEAUCOURT) à 22h09  
Prix = €  
Vehicule : 6464 TB 89

Terminé

Ont contribué à ce rapport de fin de recherche-action : *Philippe Canalda* (Laboratoire d'Informatique de l'Université de Franche-Comté, Numerica, Montbéliard), *Pascal Chatonnay* (LIFC, Numerica), *Rémy Chevrier* (doctorant à l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse), *Grégory Chippeaux* (étudiant stagiaire du Master 2 PSM au LIFC), *Alain Guillas* (SARL Prorentsoft), *Didier Josselin* (CNRS, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse), *Christophe Lang* (Laboratoire d'Informatique de l'Université de Franche-Comté, Besançon) et *Nicolas Marilleau* (précédent doctorant LIFC, IRD).