



LA BILLETTIQUE AU SERVICE DU MAAS

LES BONNES PRATIQUES POUR UN SYSTÈME EFFICACE

OTTE

La billettique, au-delà de sa fonction originelle de perception des recettes du transport, est désormais considérée comme le « bras armé » de la Mobility as a Service, le MaaS. La billettique doit permettre en effet de fédérer les services de mobilité et d'offrir au voyageur une offre de transport cohérente, de bout en bout, et facile d'accès.

Mais cette ambition nouvelle de la billettique ne sera possible que sur la base de systèmes bien conçus et hautement évolutifs. Tel est bien là l'enjeu majeur : avec l'accélération continue des besoins nouveaux, liés en particulier au MaaS, jamais l'exigence de souplesse, de flexibilité des systèmes billettiques n'a été aussi élevée. Et pourtant la billettique, parfois enfermée dans des schémas industriels propriétaires, n'est pas toujours apte à apporter les réponses adaptées à cet enjeu.

L'objet de ce document est de montrer qu'il existe des règles de l'art, des bonnes pratiques, pour qu'un système billettique ait les qualités et les performances attendues, et qu'il soit un outil aux mains des autorités et des opérateurs de transport au service du développement de leurs politiques de mobilité.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION | 4 |
| DÉFINITIONS ET ACRONYMES | 6 |
| 1. LES ATOUTS MAJEURS D'UN SYSTÈME | |
| BILLETTIQUE SANS CONTACT | 8 |
| > 1.1 - Améliorer l'expérience client | 8 |
| > 1.2 - Faciliter l'exploitation du réseau et la mise en œuvre d'une politique tarifaire | 8 |
| > 1.3 - Améliorer la lutte contre la fraude | 9 |
| > 1.4 - Faciliter l'interopérabilité | 10 |
| > 1.5 - Contribuer au MaaS | 10 |
| 2. LES ENJEUX ÉCONOMIQUES ET INDUSTRIELS | 11 |
| > 2.1 - S'assurer de l'évolutivité du système | 11 |
| > 2.2 - Garantir un haut niveau de sécurité constant | 12 |
| > 2.3 - Mettre en œuvre une politique tarifaire | 12 |
| > 2.4 - Maîtriser le coût global de possession | 12 |
| 3. LES CONDITIONS DE MAÎTRISE D'UN SYSTÈME BILLETTIQUE | 13 |
| > 3.1 - Maîtriser et posséder son modèle de données | 13 |
| > 3.2 - Posséder et gérer ses clés cryptographiques | 14 |
| > 3.3 - S'appuyer sur une architecture modulaire et des APIs | 14 |
| > 3.4 - Exiger des doubles sources à tous les niveaux du système | 16 |
| 4. L'INTÉRÊT DES SOLUTIONS OUVERTES ET NORMALISÉES | 17 |
| > 4.1 - S'appuyer sur des normes et des standards ouverts | 17 |
| > 4.2 - Utiliser des logiciels Open Source | 19 |
| CONCLUSION | 21 |
| ÉVALUEZ VOTRE SYSTÈME BILLETTIQUE | 22 |

INTRODUCTION

Les opérateurs et autorités de transport doivent relever un double défi : améliorer le service au client et en même temps maximiser leurs recettes. Les voyageurs autrefois considérés comme des usagers, sont devenus des clients et exigent un service performant et un accès fluide aux réseaux de transport. La recherche d'un équilibre économique du système oblige, en parallèle, les opérateurs à optimiser leurs recettes ; la lutte contre la fraude en est un des axes majeurs.

La billettique est certainement un des moyens qui contribue le plus à ces deux objectifs pour un réseau de transport. Elle est elle-même au cœur de la « Mobility as a Service », car elle doit être la porte d'entrée à la mobilité et à la liberté de circuler pour tous ; la billettique n'est pas qu'un simple moyen de paiement, elle doit avoir un rôle clé sur l'équilibre modal tout en garantissant les recettes indispensables à l'équilibre économique du système. Mais pour qu'un réseau de transport puisse profiter de toutes les possibilités offertes par la billettique, encore faut-il qu'il soit en mesure de gérer de façon optimale son système.

Quelles sont les bonnes pratiques et les recommandations pour installer un nouveau système de billettique, ou adapter un système existant, afin qu'il réponde aux enjeux d'une mobilité durable ?

La conception ou le renouvellement d'un système billettique suppose aujourd'hui des choix entre une grande variété de technologies, de schémas d'architecture, de modalités : NFC ou QR code, carte ou système centrique, prépaiement ou post-paiement sont, parmi d'autres, des questions importantes. Mais l'expérience montre que l'efficacité réelle de la billettique repose surtout sur sa flexibilité et sa capacité à répondre aux nouveaux besoins sur toute la durée de vie du système. Sans cette évolutivité, la billettique ne saurait être un outil efficace au service des politiques de mobilité.

Les besoins qui rythment le cycle de vie d'un système billettique sont nombreux : nouveau support ou nouveau service pour les clients, mise en place d'un schéma d'interopérabilité, évolutions tarifaires, accueil d'un nouveau prestataire de mobilité, etc. Mais leur mise en œuvre se révèle souvent difficile, avec des coûts élevés qui peuvent amener le donneur d'ordre à renoncer.

La conception d'origine du système est déterminante : une réalisation du système en boîte noire met le donneur d'ordre en situation de dépendance vis-à-vis de son industriel. Alors que les prix ont été bien contenus du fait de la mise en concurrence lors de l'acquisition du système, les évolutions ne peuvent être gérées que dans un cadre de gré à gré, et les prix en subissent les inévitables conséquences.

**L'enjeu essentiel, est d'avoir la maîtrise de son système.
Le bon niveau de maîtrise recherché est celui qui permet, pour n'importe quelle évolution significative du système, d'en mettre en concurrence la réalisation.**

Les règles de l'art et les bonnes pratiques à respecter à cet effet ressortent pour la plupart du bon sens. La responsabilité de leur mise en œuvre est celle du donneur d'ordre, qui doit prendre en compte le coût de possession du système et pas seulement le coût d'achat initial.

Cette note énumère ces règles de l'art et bonnes pratiques. Elles sont génériques et d'application universelle, mais peuvent bien sûr être adaptées et complétées suivant les contextes.

DÉFINITIONS ET ACRONYMES

• ABT OU SYSTÈME CENTRIQUE

Un système ABT (Account Based Ticketing) est un système billettique où les titres de transport sont stockés dans un serveur central et lié à un compte client, l'objet portable ne servant que de moyen d'identifier le client pour le relier à son compte. Les traitements logiciels des titres de transport sont alors assurés par le serveur central.

• API POUR TERMINAL

Une API (Application Programmable Interface) pour terminal définit une interface commune de gestion d'application logicielle. Au niveau d'un terminal billettique, plusieurs API peuvent exister, de la gestion du coupleur sans contact aux applications billettiques de plus haut niveau

• CEN

Le CEN (Comité Européen de Normalisation) est une association qui regroupe les organismes nationaux de normalisation de 34 pays européens. Le CEN est un organisme de normalisation reconnu par l'Union européenne comme étant responsable de l'élaboration et de la définition de normes au niveau européen en collaboration avec l'ISO.

• CHIP

Puce ou composant électronique, conçu et fabriqué par des industriels spécialisés du domaine du silicium, dénommés fondeurs. Le chip est intégré dans les objets portables, dans les cartes par exemple, dont il constitue l'élément intelligent qui stocke les données et les traite.

• EMV

Europay Mastercard Visa, abrégé par le sigle EMV, est depuis 1995 le standard international de sécurité des cartes de paiement (cartes à puce).

• FILIÈRE TECHNOLOGIQUE

Les systèmes billettiques sans contact s'appuient sur des technologies d'échanges sécurisés de données entre objets portables des clients et terminaux des opérateurs. On parle de filière technologique. Les niveaux de performance, en termes de fiabilité, sécurité, vitesse de transaction, respect des normes internationales, de ces filières sont variables. Mifare, Calypso, Felica, Desfire, Cipurse sont les filières technologiques les plus connues.

• INTEROPÉRABILITÉ

L'interopérabilité est la capacité d'un système ou d'un produit à fonctionner avec d'autres systèmes ou produits sans nécessiter des actions supplémentaires de la part du voyageur.

• ISO

L'ISO (International Standardization Organization) est une organisation internationale non gouvernementale, indépendante, dont les 164 membres sont les organismes nationaux de normalisation. Elle réunit des experts de tous pays pour élaborer des normes internationales.

• LOGICIEL OPEN SOURCE

Un logiciel Open Source est un logiciel dont le code source est librement et gratuitement accessible, utilisable et modifiable, distribué sous une licence approuvée par l'Open Source Initiative et qui garantit le respect des règles qui y sont relatives.

• MAAS – MOBILITY AS A SERVICE

Ce concept émergent est basé sur le principe de la mobilité comme un service permettant d'aller d'un point A à un point B quel que soit le mode de transport utilisé, public comme privé. Il repose sur une unification des services de mobilités et une fusion des outils de billettique et d'information multimodale.

• MODÈLE DE DONNÉES

Le modèle de données a pour objet de décrire comment les informations sont codées et stockées dans l'objet portable ainsi que leurs règles de gestion. Le modèle de données constitue un langage commun qui permet l'interopérabilité entre acteurs de la mobilité partageant un même media client.

• MODULE DE SÉCURITÉ (SAM)

Le module de sécurité authentifie l'Objet Portable (carte), le terminal et toutes les données échangées entre eux. À la base, c'est une carte à puce, mais les services étant aujourd'hui souvent assurés par des serveurs distants, il peut également s'agir d'un composant hardware intégré à un serveur (HSM).

• OBJET PORTABLE SANS CONTACT

Une carte à puce sans contact, une carte java sans contact, un téléphone mobile NFC, une clé USB avec une interface sans contact, ou tout autre support sans contact à disposition des clients.

• OPEN PAYMENT

Un système Open Payment est un système billettique de type ABT où le voyageur utilise sa carte de paiement bancaire sans contact directement sur les bornes de validation du réseau de transport pour payer son « droit à voyager » sur le réseau.

• SYSTÈME CARTE CENTRIQUE

Dans un système billettique « carte centrique », les titres de transport sont stockés dans l'objet portable du voyageur. Même en cas de recopie des titres sur un serveur central, c'est le contenu de l'objet portable qui fait foi. Les traitements logiciels temps réel des titres de transport sont généralement assurés par les terminaux front-office du système.

1. LES ATOUTS MAJEURS D'UN SYSTÈME BILLETTIQUE SANS CONTACT

La définition d'un système billettique, ou la description de ses fonctions, ont déjà fait l'objet de nombreuses études. On énumère dans ce paragraphe, sans prétendre à l'exhaustivité, tout ce qui fait pour le client, pour l'opérateur, pour l'autorité organisatrice, la valeur ajoutée de la billettique en termes de qualité de service, de facilité d'accès au transport, d'offre multimodale de contribution au MaaS.

> 1.1 - AMÉLIORER L'EXPÉRIENCE CLIENT

Tout d'abord, un système billettique sans contact permet à l'usager d'un réseau de transport de valider son titre de transport d'une manière fluide et simple, avec un media non altérable dans un geste rapide et naturel.

Un client en possession d'un objet portable sans contact peut y stocker plusieurs titres de transports différents en fonction de ses besoins et le recharger automatiquement à tout moment en utilisant des machines de ventes ou des applications en ligne.

Grâce à la possibilité de stockage de profils dans le support, le voyageur n'a pas à montrer ses justificatifs de tarifs spéciaux au moment du contrôle.

Le client bénéficie de la reconstitution de ses titres en cas de perte du support, lorsque celui-ci est nominatif.

Le support détenu par le client peut également lui permettre d'accéder à d'autres services de mobilité en fonction des accords d'interopérabilité existants.

Ce support, le plus souvent une carte sans contact, a une durée de vie très longue et se dégrade très peu.

> 1.2 - FACILITER L'EXPLOITATION DU RÉSEAU ET LA MISE EN ŒUVRE D'UNE POLITIQUE TARIFAIRE

La mise en place d'un système billettique sans contact permet d'accélérer l'accès au réseau de transport grâce à des transactions très rapides, à peine plus de 0,1 seconde, et d'absorber des flux importants de voyageurs. Par exemple à la Défense, le centre d'affaire de Paris, l'utilisation de la technologie sans contact permet le passage de 60 voyageurs par minute aux portillons d'accès du Métro.

Un système billettique sans contact offre, par ailleurs, la possibilité à l'opérateur de transport de mettre en place une politique tarifaire plus élaborée grâce aux performances techniques des supports utilisés (stockage de profils et titres de transport, gestion des correspondances...)

Le réseau de transport peut recueillir des données statistiques sur les flux de voyageurs à des points précis du réseau pour pouvoir adapter de façon fine son plan de transport afin qu'il soit le plus adapté possible à la demande de mobilité des usagers.

Enfin, la technologie sans contact permet de diminuer les coûts de maintenance liés à la suppression de modules mécaniques sur les terminaux de validation.

> 1.3 - AMÉLIORER LA LUTTE CONTRE LA FRAUDE

Un système billettique sans contact permet de systématiser le geste de validation à l'entrée dans le réseau, notamment sur les valideurs embarqués (bus, tram...) et facilite ainsi la détection des voyageurs sans titre de transport.

Lorsqu'il s'appuie sur des mécanismes standards de sécurité à l'état de l'art, les risques de fraude technologique ou d'utilisation de supports volés sont significativement réduits.

Les principales menaces de fraude technologique auxquelles un système billettique doit faire face sont :

- la contrefaçon, qui consiste à fabriquer des imitations de titres de transport en vue de les utiliser ou les vendre comme s'il s'agissait de titres authentiques émis par le réseau,
- le clonage, qui consiste à dupliquer à l'identique un titre de transport existant afin de pouvoir l'utiliser plusieurs fois,
- l'altération du contenu, qui consiste à modifier le contenu d'un support afin de changer la nature et/ou la quantité des titres qu'il contient.

Afin de se prémunir contre ces menaces, un système billettique sans contact s'appuie sur différentes mesures de sécurité :

- la sécurité physique intrinsèque de l'objet portable, qui empêche la lecture et la modification sans autorisation des données qui y sont stockées,
- la protection des éléments secrets qui permettent de sécuriser les transactions, en général des clés cryptographiques, au sein de modules de sécurité hardware,
- la mise en place d'un système de détection de la fraude grâce à la recherche d'anomalies statistiques qui permet de détecter l'utilisation d'un même support à différents endroits dans des intervalles de temps trop courts,
- la mise en place de listes d'opposition dans les terminaux permettant de refuser l'accès aux supports déclarés volés ou détectés comme frauduleux.

Correctement implémentées, et mises à jour régulièrement en fonction de l'état de l'art, ces différentes mesures de sécurité permettent de réduire très significativement les risques de fraude technologique.

› 1.4 - FACILITER L'INTEROPÉRABILITÉ

Un système billettique sans contact améliore incontestablement les possibilités d'interopérabilité entre les différents partenaires de la mobilité au sein d'un même bassin de déplacement et même entre bassins. En effet, les supports sans contact peuvent offrir :

- Une simple interopérabilité de support : l'utilisateur peut charger et utiliser les titres de différents réseaux sur un même support. Ce modèle n'implique pas d'accord commercial ni tarifaire entre les différents opérateurs de transport.
- Une interopérabilité de titres de transport : l'utilisateur peut voyager sur différents réseaux de transport avec un même titre de transport, ce qui sous-entend un accord commercial et tarifaire entre les différents opérateurs de transport concernés.

› 1.5 - CONTRIBUER AU MAAS

La contribution de la billettique au MaaS, la « Mobility as a Service », est désormais considérée, à l'égal de la fonction originelle de perception des recettes, comme un rôle essentiel de la billettique.

L'apparition du concept du MaaS conduit à intégrer de nombreux nouveaux services de mobilité tels que l'autopartage, les vélos libre-service, les parkings, les taxis, etc. aux réseaux classiques de transports publics. Pour se déplacer d'un point A à un point B, le voyageur dispose de plusieurs services de mobilités, chaînés les uns avec les autres, avec un libre choix d'alternatives suivant ses préférences, avec une information multimodale disponible partout et tout le temps, avec un accès et un passage d'un service à un autre facile et sans contrainte.

La billettique sans contact, sous réserve que sa technologie soit suffisamment accessible et ouverte, est donc un accélérateur pour la mise en œuvre du MaaS, car elle offre des réponses concrètes pour faciliter l'accès à toutes les mobilités en intégrant les préoccupations du développement durable et en agissant sur l'équilibre modal.

La billettique retrouve avec le MaaS son rôle majeur d'être la porte d'entrée à la mobilité et à la liberté de circuler pour tous après avoir été souvent perçu, à tort, comme un simple moyen de paiement du transport.

2. LES ENJEUX ÉCONOMIQUES ET INDUSTRIELS

Un système billettique représente un investissement important pour un opérateur ou une autorité organisatrice de transport. Un tel investissement ne doit être consenti que si sa pérennité est garantie pour au minimum 15 ans, ce qui suppose que le système est capable d'évoluer à un coût raisonnable. Par exemple, s'adapter aux nouveaux besoins des voyageurs, suivre l'apparition de nouvelles technologies, se mettre à jour régulièrement en matière de sécurité ou appliquer n'importe quelle politique tarifaire de façon réactive. Le coût de possession du système est l'indicateur de ces aptitudes du système et il est à privilégier pour mesurer l'efficacité économique de l'investissement billettique.

> 2.1 - S'ASSURER DE L'ÉVOLUTIVITÉ DU SYSTÈME

Pour assurer la capacité d'évolution d'un système billettique, certaines précautions doivent être prises en compte lors du choix de la solution, des fournisseurs, des modalités de réalisation.

S'assurer de la possibilité de mise en concurrence sur le long terme.

Les industriels, intégrateurs, fabricants de terminaux ou fournisseurs de cartes peuvent avoir la tentation de promouvoir leurs propres solutions propriétaires, ce qui rend plus difficile l'intégration d'une concurrence entre fournisseurs sur toute la durée de vie d'un système. Il arrive aussi que certains fournisseurs n'assurent plus la continuité de service d'un système propriétaire, ce qui met en grande difficulté les réseaux l'ayant adopté.

Il faut donc s'assurer que la technologie d'un système billettique ne soit pas l'offre d'un seul fournisseur, afin de pouvoir bénéficier de solutions compatibles fournies par d'autres industriels en cas de défaillance du fournisseur initial du système.

S'assurer de la capacité du système à évoluer.

Un système billettique est amené à évoluer au cours de sa durée de vie afin de s'adapter facilement à des extensions du réseau, à l'intégration de nouveaux opérateurs, à des modifications tarifaires, à l'apparition de nouvelles technologies etc. Il faut donc concevoir dès l'origine un système qui soit évolutif et paramétrable.

L'apparition de nouvelles évolutions, telles que la billettique sur mobile NFC, l'Account Based l'Open Payment etc. font souvent intervenir de nouveaux acteurs autres que les fournisseurs historiques. L'ajout de ces solutions par ces nouveaux acteurs peut alors se révéler complexe, coûteux et long, notamment si le système d'origine ne s'appuie pas sur des standards ouverts.

Si un opérateur de transport veut garantir la pérennité et l'évolutivité de son système, il doit donc en avoir la maîtrise et s'appuyer sur des solutions ouvertes non spécifiques à un seul industriel.

› 2.2- GARANTIR UN HAUT NIVEAU DE SÉCURITÉ CONSTANT

Lors de sa mise en œuvre, un système billettique implémente le plus souvent des mécanismes de sécurité correspondant à l'état de l'art et est donc bien protégé contre la fraude technologique connue à cet instant.

Cependant, le niveau de menace augmente sans cesse au fur et à mesure de l'évolution des techniques de piratage. Dans tous les domaines des systèmes d'information, des mises à jour régulières sont nécessaires pour maintenir un niveau de sécurité constant.

Un système billettique doit permettre la mise à jour régulière de ses mécanismes de sécurité pour s'adapter aux nouvelles menaces.

› 2.3- METTRE EN ŒUVRE UNE POLITIQUE TARIFAIRE

Un réseau de transport ou une autorité organisatrice doit avoir la maîtrise sa politique tarifaire. En effet, elle constitue l'un des leviers les plus importants pour organiser la mobilité au sein d'un périmètre géographique donné, et est, à ce titre, un sujet stratégique pour les responsables politiques locaux.

Un système billettique doit permettre d'adapter une politique tarifaire de façon souple et simple.

› 2.4- MAÎTRISER LE COÛT GLOBAL DE POSSESSION

Le coût global de possession (en anglais TCO : Total Cost of Ownership) représente le coût global d'un bien, un système informatique par exemple, tout au long de son cycle de vie. Il prend non seulement en compte les coûts directs des matériels, équipements, infrastructures réseaux, etc. et des logiciels, développements spécifiques, licences, mais également tous les coûts indirects, ou coûts cachés, tels que les évolutions, la maintenance, l'administration, la formation des utilisateurs et des administrateurs, le support technique et les coûts récurrents (consommables, électricité, loyer, etc.).

Durant sa durée de vie un système billettique nécessite de pouvoir évoluer : nouvelles technologies, mises à jour sécuritaires, nouvelle politique tarifaire, mais également potentiellement nouveau fournisseur à la suite de la défaillance du fournisseur initial.

Les coûts d'évolution prennent une part prépondérante dans le TCO d'un système billettique, et peuvent être parfois une vraie limite à l'atteinte des objectifs.

Pour réduire au maximum le TCO sur la durée de vie, un opérateur ou une autorité de transport doit avoir la maîtrise de son système dans tous ses aspects.

3. LES CONDITIONS DE MAÎTRISE D'UN SYSTÈME BILLETTIQUE

Pour un opérateur ou une autorité organisatrice, maîtriser son système billettique peut apparaître un effort considérable et coûteux. Souvent ils préfèrent déléguer toute responsabilité à l'industriel intégrateur, car ils considèrent cette maîtrise comme trop technique pour la prendre en charge en direct. Mais s'ils n'ont pas la possibilité d'intégrer les compétences nécessaires dans leurs équipes, ils peuvent déléguer les tâches décrites ci-dessous à des acteurs neutres agissant pour leur compte, afin de s'assurer de leur mise en œuvre effective.

> 3.1 - MAÎTRISER ET POSSÉDER SON MODÈLE DE DONNÉES

Le modèle de données billettiques d'un réseau de transport représente la « traduction » en terme informatique de sa politique tarifaire, notamment pour qu'elle puisse être mise en œuvre par l'intermédiaire de ses terminaux et des objets portables.

L'acheteur du système billettique doit avoir tous les droits pour l'utiliser librement, l'adapter et le transmettre à des tierces parties. Il doit avoir la compréhension et la maîtrise de son modèle de données.

Cette maîtrise demande un réel investissement, qui reste toutefois très limité par rapport aux risques encourus à moyen et long terme par les réseaux : ne pas pouvoir mener des évolutions majeures telle que l'interopérabilité avec d'autres réseaux, la mise en place d'une nouvelle politique tarifaire, ou ne pouvoir le faire qu'à un coût très élevé.

En effet, si le donneur d'ordre ne l'a pas prévu dans son cahier des charges, le fournisseur du système peut élaborer un modèle de données propriétaire sans le communiquer au réseau de transport. Et même s'il le communique, il bénéficiera d'un avantage concurrentiel indéniable par rapport à ses concurrents potentiels dans les futurs appels d'offre. Pire encore, l'expérience montre qu'il peut y avoir des écarts entre la version du modèle de données réellement implémentée dans les équipements avec celle communiquée par le fournisseur.

Si la problématique de la maîtrise par le réseau de transport du modèle de données n'est pas intégrée dès la conception du système, alors, a minima, il convient d'exiger du fournisseur la transmission de ce modèle, et de prévoir un dispositif de pénalités significatives en cas d'écart avec la réalité de l'implémentation du système.

Il est recommandé, lorsqu'ils existent, d'utiliser des modèles de données ouverts, tels que la norme Intercode en France, adaptés aux besoins spécifiques du réseau et indépendants des fournisseurs de terminaux, de cartes ou de systèmes billettiques.

MAÎTRISER SON SYSTÈME LA RESPONSABILITÉ DU DONNEUR D'ORDRE

Maîtriser son système de billettique est bien la responsabilité du donneur d'ordre, qu'il soit une autorité organisatrice, un opérateur de transport ou tout type d'entité responsable du système. Il doit en effet avoir pour préoccupation le coût de possession de son système, et pas seulement le coût d'achat.

Minimiser seulement l'investissement initial, sans tenir compte du TCO, est généralement synonyme de réalisation en «boîte noire», sans aucune maîtrise. Intégrer le coût de possession dans le choix de la solution permet au contraire, sur la base d'un bilan économique qui prend en compte tous les coûts d'exploitation et de maintenance et l'estimation des coûts d'évolution, le choix d'une solution modulaire, évolutive et maîtrisée.

> 3.2- POSSÉDER ET GÉRER SES CLÉS CRYPTOGRAPHIQUES

Le gestionnaire du système, autorité ou opérateur de transport, doit posséder les clés utilisées pour sécuriser l'écriture et la lecture des données sur les cartes ou tout autre support qui circulent sur son réseau.

Les fournisseurs de systèmes billettiques doivent donc mettre à disposition du gestionnaire la description technique des clés et leur implémentation sur les modules de sécurité (SAM), déployés sur les différents équipements billettiques.

Le gestionnaire du système doit aussi pouvoir les utiliser librement, dans la limite des règles de sécurité fixées localement.

En ce qui concerne l'architecture de sécurité du système, il est recommandé d'utiliser une solution standard pouvant être implémentée par différents fournisseurs, notamment pour le processus de création des clés, qui devra être mis en œuvre par un tiers expérimenté, indépendant des fournisseurs de cartes, terminaux ou systèmes.

Dans tous les cas, il est nécessaire de demander la spécification du système de sécurité, notamment la procédure de tirage des clés, afin de pouvoir les régénérer si nécessaire.

> 3.3- S'APPUYER SUR UNE ARCHITECTURE MODULAIRE ET DES A.P.I

Les réseaux de transport doivent exiger de leurs fournisseurs que leurs solutions reposent sur une architecture modulaire qui en assure l'évolutivité. Ainsi, il sera possible de modifier un module indépendamment des autres en évitant une révision complète de la conception du système billettique.

La mise en place de ce type d'architecture modulaire nécessite des interfaces ouvertes et publiées entre chaque module et vis-à-vis d'autres systèmes.

L'objectif est d'avoir un système qui intègre facilement, et à moindre coût, une approche interopérable. Cela permet de :

- s'interfacer facilement avec plusieurs systèmes billettiques partenaires à différents niveaux d'interopérabilités : de la simple mutualisation du support des clients à la mise en place de titres de transports partagés par plusieurs réseaux
- s'interfacer facilement à une chambre de compensation pour une meilleure distribution des recettes entre les différents partenaires intégrés dans un schéma d'interopérabilité.

Quel que soit le nombre de fournisseurs industriels, chacun d'entre eux doit fournir au réseau de transport les APIs qu'il utilise pour contrôler les équipements périphériques afin que le réseau puisse les adapter ou les transmettre à des tiers. Cela facilite la mise en concurrence des fournisseurs lors du renouvellement des contrats, permettant ainsi :

- de découpler le cycle de vie des équipements et les applications installées dessus,
- d'ouvrir à des fournisseurs tiers l'installation de leurs applications sur des équipements existants.

Par ailleurs, il est important d'exiger que les systèmes soient ouverts, partageables et compréhensibles par d'autres acteurs que ceux des départements billettiques, afin de permettre, par exemple, l'interface avec les systèmes commerciaux afin d'agréger un ensemble de données de type billettique, SAE, comptage etc.

Ainsi, il est possible :

- d'offrir une vision claire de l'utilisation du réseau et de l'adéquation de l'offre par rapport à la demande,
- d'intégrer de nouvelles solutions pour mieux lutter contre la fraude,
- de proposer à l'utilisateur une expérience de mobilité homogène et personnalisée via une seule application mobile intégrant par exemple la recherche d'itinéraire, l'achat de titres et la validation, l'information en temps réel.

FAIRE RÉFÉRENCE À DES ARCHITECTURES MODULAIRES ET AUX INTERFACES OUVERTES

Certains pays ont émis des recommandations sur l'architecture des systèmes billettiques.

En France, l'AFIMB, l'Agence Française pour l'Information Multimodale et la Billettique, a réalisé un référentiel « Architecture et Sécurités des systèmes billettiques ». Ce document est destiné à aider les donneurs d'ordre français à rédiger leurs cahiers des charges.

Être conforme à ce référentiel garantit la réalisation des logiciels du système suivant les règles de l'art avec des interfaces bien spécifiées. Il est ainsi possible de changer de réalisateur pendant la vie du système.

> 3.4- EXIGER DES DOUBLES SOURCES À TOUS LES NIVEAUX DU SYSTÈME

Afin d'avoir la maîtrise de son système et de garantir une véritable indépendance industrielle, il est nécessaire de s'assurer qu'il n'y a aucun élément du système en source unique d'approvisionnement.

Un seul composant monosource à l'intérieur d'un système fait courir un risque majeur, non seulement à la maîtrise du système, mais aussi à sa pérennité. Un défaut d'approvisionnement d'un composant, quelle qu'en soit la cause, peut conduire à un défaut de fonctionnement du système et potentiellement à son arrêt.

La seule véritable maîtrise de ce risque est de disposer d'une double source sur tous les composants du système billettique, et donc de s'assurer au préalable de son existence.

Les cartes représentent évidemment un enjeu critique, puisqu'un défaut d'approvisionnement peut obliger très rapidement l'opérateur à ouvrir ses réseaux pour une durée indéterminée, et donc à perdre des recettes. Des cas de cette nature ont déjà eu lieu sur des systèmes billettiques existants.

Les causes de rupture d'approvisionnement peuvent être temporaires : retard de production, choix des clients prioritaires par l'industriel, problèmes techniques, mouvements sociaux... ou définitives, par exemple décision stratégique de l'industriel de renoncer à une activité jugée insuffisamment rentable.

Il convient donc de bien s'assurer que la carte retenue, voire la filière technologique choisie, n'est pas fournie par un seul industriel au contraire des produits de type Billet Sans Contact, qui ne répondent à aucun standard reconnu, et qui sont la propriété d'un seul industriel.

LE CHIP DE LA CARTE, UN ÉLÉMENT SENSIBLE DU SYSTÈME

Avoir une double source d'approvisionnement pour tous les éléments du système est une règle impérative. Aucun ne doit être en source unique, chez un seul fournisseur.

Le chip de la carte sans contact est un élément du système qui n'est pas toujours perçu comme critique, car masqué derrière la carte qui, elle, fait bien l'objet d'une vaste offre industrielle concurrentielle. Pourtant, il faut s'assurer qu'il existe une double source de chip dans la filière retenue. L'enjeu est majeur, car une simple rupture d'approvisionnement à ce niveau met le système billettique à l'arrêt.

Les stratégies des fondeurs de composants électroniques sont hors de tout contrôle des acteurs du transport. Les fréquentes fusions/acquisitions de sociétés dans ce domaine rendent les stratégies industrielles imprévisibles avec des risques importants d'abandon définitif de lignes de production. Cela s'est déjà produit dans les années 2000, avec un leader mondial des composants électroniques, Motorola qui a décidé brutalement d'arrêter ses activités dans le sans contact ; les réseaux qui avaient fait ce choix ont subi des préjudices importants.

Il faut donc s'assurer de l'existence d'au minimum deux sources de chip indépendantes dans la filière technologique utilisée.

4. L'INTÉRÊT DES SOLUTIONS OUVERTES ET NORMALISÉES

La maîtrise d'un système billettique repose sur la possibilité pour le donneur d'ordre de mettre en concurrence ses évolutions et sa maintenance sur toute sa durée de vie.

Imposer le respect de tous les standards et normes existants est le meilleur moyen de s'assurer qu'il n'y a aucune dérive propriétaire dans le système, ou au moins de la limiter. Pour aller encore au-delà, et l'éviter totalement, le donneur d'ordre peut imposer, dès lors qu'ils sont disponibles, le recours à des logiciels Open Source, qui ont l'avantage d'être accessibles et utilisables par tous.

> 4.1 - S'APPUYER SUR DES NORMES ET DES STANDARDS OUVERTS

Les réseaux de transport doivent s'assurer que les solutions billettiques sans contact mises en œuvre par leurs fournisseurs reposent uniquement sur des objets portables s'appuyant sur des normes et des standards ouverts, connus de tous les fournisseurs, et dont la conformité est assurée par une procédure de certification.

Ceci est d'autant plus nécessaire lorsque le réseau prévoit une interopérabilité avec d'autres partenaires ; en effet la communication entre un objet portable sans contact et un terminal nécessite la clarification de plusieurs règles techniques pour garantir l'interopérabilité technique entre différentes sources de terminaux et d'objets portables.

Lorsque ces règles sont appliquées, elles deviennent une norme de fait, soutenue par un groupe d'utilisateurs et peuvent devenir une norme officielle si elles sont acceptées par un organisme plus important (national comme AFNOR ou DIN, ou international comme CEN en Europe ou ISO pour le monde).

Ainsi, le CEN a publié une norme, la CEN TS 16794, s'appuyant sur l'ISO 14443, pour préciser les règles à respecter en termes de communication sans contact entre les objets portables et les terminaux dans le domaine du transport.

Cette norme, qui concerne aussi bien les terminaux que les cartes sans contact, est interopérable avec les spécifications du NFC Forum pour les téléphones NFC et compatible avec le standard EMVCo Level 1 utilisé pour le paiement. La Smart Ticketing Alliance a défini une procédure de certification associée à cette norme, côté carte et côté terminal, mise en œuvre par plusieurs organismes de certification et laboratoires européens. Si on fait l'analogie avec les systèmes bancaires, c'est le pendant de l'EMV Level 1 pour le transport.

Les objets portables Calypso font, pour leur part, l'objet d'un certificat de conformité aux spécifications de référence, ouvert à tous les fournisseurs et qui complète la certification de niveau 1. Elle est l'équivalent de l'EMV Level 2 dans le domaine bancaire.

La combinaison de ces deux types de certification garantit l'interopérabilité au niveau de la communication sans contact et au niveau applicatif des objets portables provenant de fournisseurs différents.

Elle permet ainsi aux réseaux de les mettre en concurrence, tout en ayant la garantie d'interopérabilité de ces produits de sources différentes.

DES CERTIFICATIONS À EXIGER DANS VOS APPELS D'OFFRES

Seule la double certification des échanges entre objet portable et terminal, au niveau radio fréquence (RF) et au niveau des spécifications fonctionnelles, peut garantir la capacité à interopérer des systèmes billettiques.

- Certification RF : le CEN a publié la norme CEN TS 16794 et la Smart Ticketing Alliance a défini une procédure de certification associée à cette norme, mise en œuvre par plusieurs organismes de certification et laboratoires européens.
- Certification fonctionnelle : pour les utilisateurs du standard Calypso, l'association des réseaux Calypso a mis en place une procédure de certification fonctionnelle par rapport aux spécifications de référence, ouverte à tous les fournisseurs.

> 4.2- UTILISER DES LOGICIELS OPEN SOURCE

Le modèle de l'Open Source repose sur l'organisation d'une relation équilibrée entre tous les contributeurs potentiels d'un projet afin de favoriser l'implication de tous en limitant la réappropriation par l'une seule des parties prenantes.

Un logiciel Open Source est un logiciel dont le code source est librement et gratuitement accessible, utilisable et modifiable, distribué sous une licence approuvée par l'Open Source Initiative. Ces licences sont des contrats gracieux de concession de droit de propriété intellectuelle consentis pour le monde entier, pour toute la durée des droits, pour tous les usages et sur tout type de support.

Si l'utilisation de normes et standards ouverts et de leurs certifications associées garantit une interopérabilité et une concurrence satisfaisante au niveau des objets portables sans contact, il n'y a pas encore d'équivalent pour les terminaux, dont l'implémentation par les intégrateurs billettiques reste propriétaire et le plus souvent réalisée en boîte noire.

Il est ainsi conseillé aux réseaux de transport de demander à leurs intégrateurs billettiques l'utilisation de logiciels Open Source lorsqu'ils existent.

Un logiciel Open Source étant accessible à tous les fournisseurs selon les mêmes conditions, chacun est ainsi libre de formuler une offre conforme aux besoins exprimés par le réseau de transport, ce qui contribue *in fine* à une compétition équitable et ouverte.

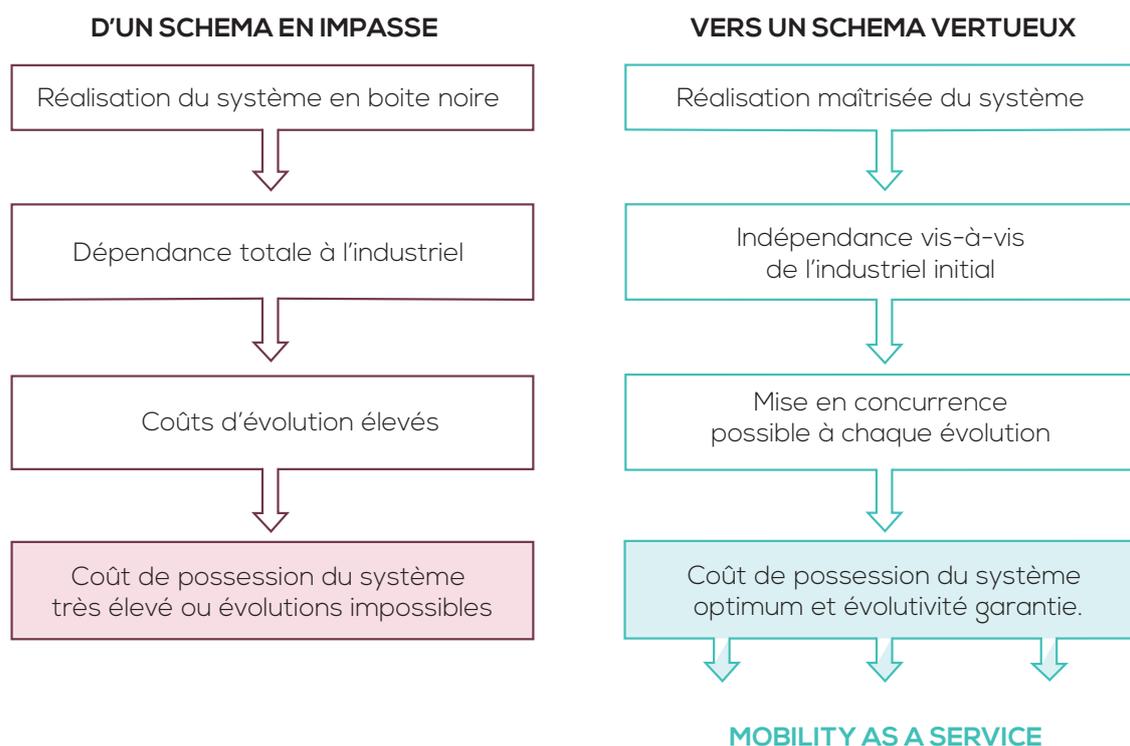
L'IMPACT ÉCONOMIQUE DE L'UTILISATION DE LOGICIELS OPEN SOURCE

Lorsque les logiciels sont la propriété du réalisateur du système, non seulement le recours obligé au gré à gré pour les modifier a évidemment un impact négatif sur le coût de mise en œuvre, mais à cause de l'effet « boîte noire », il est aussi très difficile d'avoir une estimation objective du coût réel de la modification. Il est donc difficile de se fixer des objectifs de négociation avec l'industriel et on perd la notion d'ordre de grandeur du prix.

Avec l'utilisation de logiciels Open Source, de nombreux développeurs sont capables de mesurer l'impact réel de l'évolution demandée et d'en faire une estimation précise. On peut assister alors à des écarts qui peuvent aller de 1 à 10 . Par exemple, une évolution proposée à 500 000 euros par le fournisseur dans un contexte de gré à gré est réalisée pour un montant de 50 000 euros par un développeur s'appuyant sur un logiciel libre. Il s'agit là de cas réels effectivement rencontrés par des donneurs d'ordre.

PROPRIETAIRE VS OUVERT

LES CONSEQUENCES SUR LE CYCLE DE VIE D'UN SYSTEME



CONCLUSION

La mise en place d'un système billettique par un réseau de transport représente un investissement important, et a vocation à durer longtemps, souvent entre 15 et 20 ans. Le système doit permettre de nombreuses évolutions fonctionnelles et technologiques tout au long de sa vie. Il est donc nécessaire de faire les bons choix dès la conception du système et de mettre en œuvre toutes les mesures qui garantissent sa capacité à évoluer, la mise en concurrence permanente entre fournisseurs et la maîtrise de la tarification, qui est un des leviers les plus importants des politiques de transport public.

Les préconisations de ce document tendent toutes vers ces mêmes objectifs et peuvent s'appliquer quel que soit le modèle d'architecture retenu : carte centrique, ABT, Open Payment, etc.

Ces recommandations garantissent les meilleures conditions de mise en place de l'interopérabilité entre systèmes, et sont particulièrement adaptées au MaaS (Mobility as a Service) pour agréger toutes les formes de mobilités, y compris les plus légères. Ces nouveaux services de mobilité auront ainsi beaucoup plus de facilité à s'insérer dans un système ouvert, Open Source, respectant les standards, avec des API ouvertes.

La concrétisation du MaaS, qui n'en est encore qu'à ses débuts, ne pourra vraiment être effective qu'à condition de respecter les règles de bon sens développées dans ce document pour la conception de futurs systèmes de billettique intégrée.

LES BONNES PRATIQUES POUR UN SYSTÈME BILLETTIQUE RÉUSSI

L'acheteur d'un système billettique doit toujours s'assurer que :

- Le système s'appuie sur des normes existantes et des standards reconnus.
- Les composants du système existent en double source.
- L'architecture du système est modulaire et s'appuie sur des API bien définies, publiées et libres de droit.
- Les clés cryptographiques du système sont sa propriété et qu'il peut les gérer.
- Le modèle de donnée est sa propriété et qu'il en a la pleine maîtrise.
- Les logiciels open source sont privilégiés lorsqu'ils existent.

ÉVALUEZ VOTRE SYSTÈME BILLETTIQUE

Vous mettez en place un nouveau système billettique ou vous disposez déjà d'un système opérationnel.

Les règles de l'art et les bonnes pratiques, objet de ce document, sont autant d'éléments factuels qui font l'objet du questionnaire ci-dessous.

Vous pouvez ainsi évaluer votre niveau de maîtrise de votre système billettique, et par conséquent sa capacité à évoluer et à atteindre vos objectifs.

APPRÉCIATION DE VOTRE NIVEAU DE MAÎTRISE DE VOTRE SYSTÈME

| Questions / Réponses | Oui | Non |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Pouvez-vous mettre en concurrence les évolutions de votre système ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Avez-vous déjà été dans l'impossibilité de mettre en œuvre une évolution ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Avez-vous pris des précautions particulières pour assurer la continuité de service si un de vos fournisseurs fait défaut ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Avez-vous accès au code source des logiciels de votre système ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pouvez-vous modifier facilement la tarification (règles tarifaires, titres de transports etc.) ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pouvez-vous intégrer de nouveaux fournisseurs au fil de l'eau ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pouvez-vous accueillir de nouveaux partenaires, opérateurs privés ou publics ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Au total, comment jugez-vous la maîtrise de votre système sur une échelle de 1 à 5 ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Commentez vos réponses | <input type="text"/> | |

APPRÉCIATION DES BONNES PRATIQUES MENTIONNÉES DANS LE DOCUMENT

| Questions / Réponses | Oui | Non |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Êtes-vous propriétaire de votre modèle de données ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Avez-vous défini des moyens internes ou de sous-traitance pour gérer votre modèle de données ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Êtes-vous propriétaire des clés cryptographiques de votre système ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Votre système s'appuie-t-il sur une architecture modulaire, avec des interfaces bien définies ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Les logiciels de votre système utilisent-ils des API ouvertes ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Votre système est-il spécifié en s'appuyant sur un référentiel national ou international ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Tous les composants de votre système existent-ils en double source ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| La filière technologique retenue pour votre système dispose-t-elle de deux sources à minima de chips pour les cartes ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Votre système est-il conforme à tous les standards existants applicables ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Exigez-vous toutes les certifications de conformité aux standards des produits (cartes, terminaux) lorsqu'elles existent ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Listez les certifications que vous exigez : | | |

RÉFÉRENCES

<https://www.revuetec.com/revue/maas-mobility-as-a-service/>

<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/outil-acquisition-systemes-intelligents-transports>

<https://www.linkedin.com/pulse/open-payment-account-based-ticketing-retour-vers-le-futur-vappereau/>

<https://services.snapper.co.nz/whitepaper-account-based-ticketing-not-same-as-emv/>

<https://www.intelligenttransport.com/transport-articles/76233/ticketing-open-standard-source-project/>

Calypso Networks Association

remercie les contributeurs à ce livre blanc :

Joel Eppe - SNCF

Ralph Gambetta - Smart Ticketing Alliance

Nicolas Generali - SNCF - CNA

Philippe Guillaumin - CNA

Salah Merzouk - Setim

Jeremy Rubel - RATP Smart Systems

Francis Sykes - RATP Smart Systems

Ludovic Teixeira Costa - Galitt

Philippe Vappereau - Groupe RATP

Valentina Zajackowski - CNA

Calypso Networks Association

Rue Royale 76/2 – 1000 Brussels

contact@calypsonet-asso.org

www.calypsonet-asso.org