



S01M02a

PRODUIT. R&D

01a

STATION D'AIR HP ELECTRIQUE ELEMENTS DU COMMERCE - 1 VEHICULE / 5 MINUTES

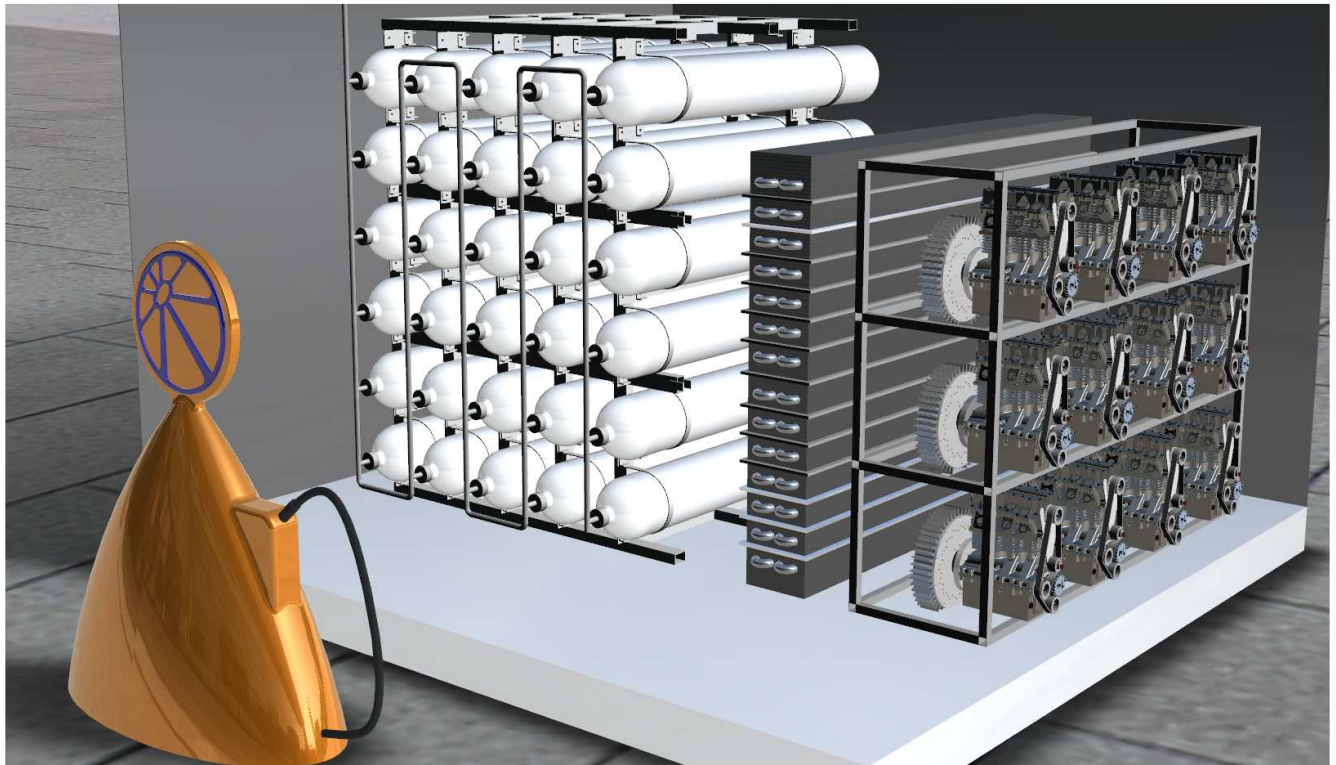
*ELECTRIC AIR STATION
1 VEHICLE / 5 MINUTES*

OBJET : Station d'air HP pour remplissage d'un véhicule toutes les 5 minutes (paiement et connexions comprises).

High pressure air station to refill one vehicle each 5 minutes (connection and payment included)

RESUME : Evaluer les coûts et la faisabilité des premières stations d'air HP.

Evaluate the costs of the air stations.



AUTEUR : CN
CO-AUTEURS : GN, MS

NATURE DU DOCUMENT : DOCUMENTATION STATION D'AIR
CLASSEMENT DU DOCUMENT : CONFIDENTIEL R&D
FICHER : DS01M02a-02
ARCHIVAGE : S:\Etudes Produits\Stations d'air\S01M02a
NOMBRE DE PAGES : 12

VISA

CN le 24-11-2010



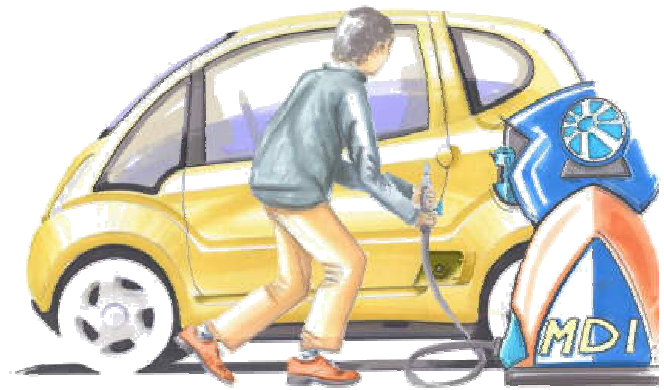
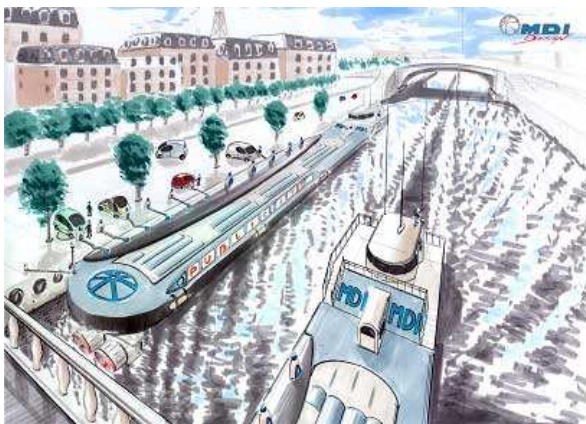
1	DESCRIPTION (CN – 13-10-2010)	3
2	ELEMENTS CONSTITUANTS - COMPONENTS	4
3	DIMENSIONNEMENT - DIMENSIONING	5
3.1	METHODOLOGIE - <i>METHODOLOGY</i>	5
3.2	SIMULATION DE LA FREQUENTATION - <i>OCCUPANCY RATE OF THE STATION</i>	5
3.3	CALCUL DES RESERVES ET DU COMPRESSEUR - <i>AIR TANKS AND COMPRESSOR CALCULATION</i>	6
3.4	CARACTERISTIQUES D'UTILISATION DE LA STATION DEFINIE - <i>USING SPECS OF THE AIR STATION DEFINED</i> ..	7
3.5	VERIFICATION DE LA PUISSANCE NECESSAIRE - <i>COMPRESSOR POWER VERIFICATION</i>	7
3.6	ESTIMATION DES COUTS JOURNALIERS - <i>RUNNING COSTS</i>	8
3.7	STATONS D'AIR AVEC TECHNOLOGIE MDI - <i>AIR STATION WITH MDI TECHNOLOGY</i>	9
3.7.1	INVESTISSEMENT - <i>INVESTMENT</i>	9
4	ANALYSE COMPARATIVE SUR PARIS - PARIS COMPARISON ANALYSYS	10
5	CONCLUSION	11
6	ANNEXES	12



1 DESCRIPTION (CN – 13-10-2010)

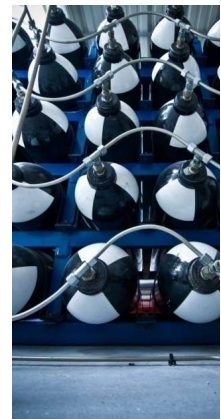
Le mode de remplissage par station d'air est le plus rapide de tous. MDI dès le début de ses recherches sur les véhicules à air comprimé a imaginé différents types de stations d'air dont certaines utilisent même des énergies renouvelables (par exemple station fluviale). D'autres utilisent le réseau électrique pour alimenter des compresseurs qui remplissent les réserves tampons.

Using an air station is the fastest way to refill a compressed air car. MDI, since its first researches on compressed air vehicle has thought on various type of air stations among which some are even using renewable energies (for example Air stations on rivers) . Others are using the electrical grid to drive a compressor that fills the air station tanks.



Le but de cette étude est de dimensionner et chiffrer une station d'air de remplissage pour une borne et une voiture toutes les 5 minutes.

The aim of this study is to define and quote a high pressure compressed air station in view to charge one car each five minutes.





2 ELEMENTS CONSTITUANTS - COMPONENTS

Ci-dessous la liste des éléments constituant de la station d'air HP :

- Un compresseur HP (avec vanne de coupure intégrée)
- Des réserves tampons HP sur rack
- Un circuit d'air rigide compresseur – réserves
- Un circuit d'air de connexion inter réserves (variable en fonction du nombre de réserves)
- Une vanne de coupure isolation réserve
- Un circuit d'air Réserves – Borne de remplissage
- Un capteur de contrôle pression réserves
- Une armoire électronique de gestion de la station.
- Une soupape de sécurité
- Une borne de remplissage
 - Un pistolet HP
 - Un break-away s'il n'y a pas de dispositif anti-démarrage dans le véhicule
 - Electrovanne de remplissage (appui sur bouton de commande continu)
 - Arrêt d'urgence
 - 3 afficheurs: Prix au m³ (prix de référence : unité à standardiser sur chaque station), volume instantané transféré (m³), Prix à payer (€)
 - Structure de la borne
- Un local technique (qui pourrait être enterré)
 - Maçonnerie ou structure standard (cf système EDF pour transformateurs)
 - Chauffage - Clim - Ventilation
 - Electricité – compteur consommation énergétique
 - Insonorisation

List of the components of the air station HP:

- *A compressor HP (With cut off valve integrated)*
- *An high pressure steel tank on racks*
- *A rigid air circuit between the compressor and the tanks*
- *An air circuit to connect the tanks together (depending on the number of tanks)*
- *A safety valve at the level of the tanks*
- *An air circuit between the station and the filling point*
- *A sensor to control the pressure into the air station tanks*
- *An electronic system and location for the control of the air station*
- *A security valve*
- *A filling point with:*
 - *An HP connexion*
 - *A break-away system if a non starting device is not feted into the car.*
 - *A filling electro valve (while pushing continuously on the control panel actuator)*
 - *An emergency stop*
 - *3 digital indicators (cost of 1 m³ ,Volume transferred in m³ , Fee (€))*
 - *Structure of the terminal*
- *A technical room (which could be buried)*
 - *Masonry or standard structure (see EDF system for transformers)*
 - *Heating - Air conditioning - Ventilation*
 - *Electricity - energy meter*
 - *Soundproofing*
 -



3 DIMENSIONNEMENT - DIMENSIONING

3.1 METHODOLOGIE - METHODOLOGY

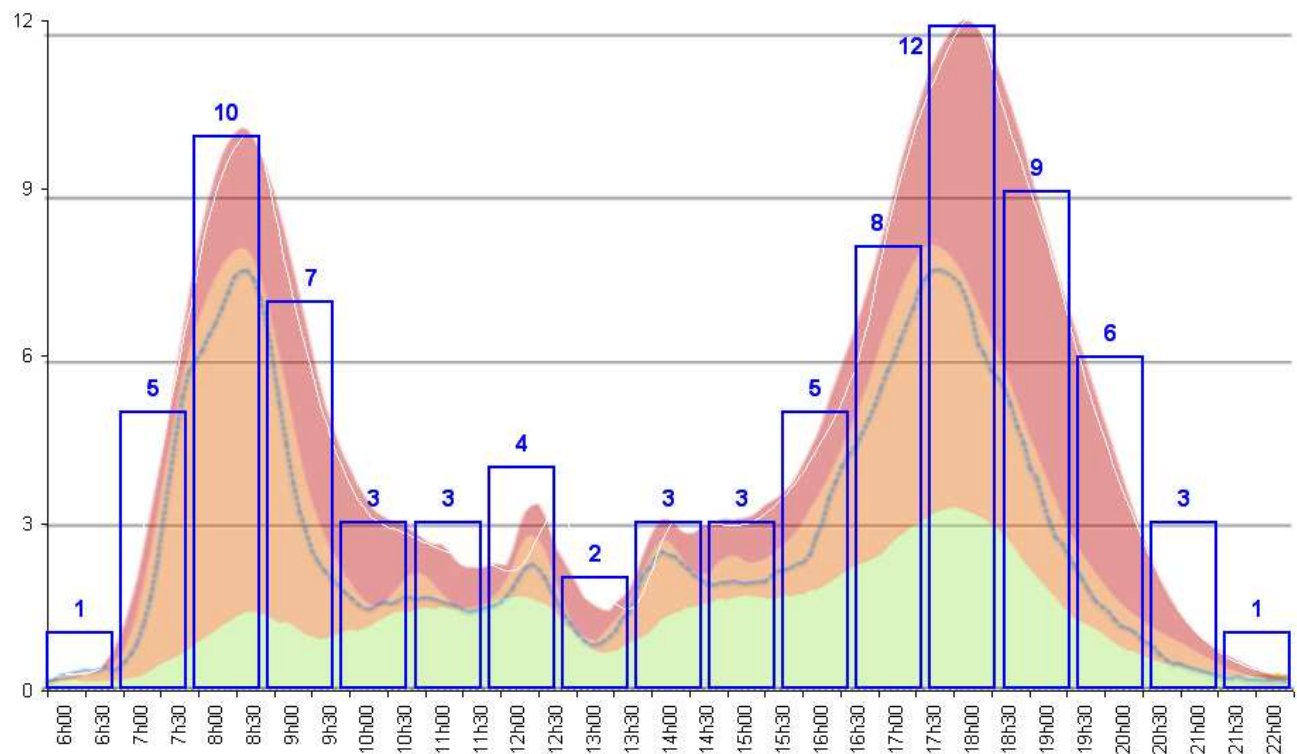
- 1°) Estimation de la fréquentation basée sur les courbes de trafic journalier
- 2°) Dimensionnement des réserves et dimensionnement du compresseur en fonction des réserves, et de la fréquentation.
- 3°) Calcul de vérification de la puissance nécessaire à la compression pour estimation des coûts d'utilisation.

1°) Estimation of the traffic at the station based on traffic statistics.

2°) Forecast of the volume of the air tanks (in the station) and of the dimension of the compressor depending on the tanks volume, the occupancy rate of the air station.

3°) Verification calculations of the power needed to compress the air in view to achieve a running costs analysis.

3.2 SIMULATION DE LA FRÉQUENTATION - OCCUPANCY RATE OF THE STATION



En se basant sur l'allure des courbes statistiques du trafic urbain de grandes villes Françaises, il est possible d'estimer la fréquentation journalière de la station en prenant aux heures de pointes 12 véhicules par heure soit un véhicule toutes les 5 minutes.

Based on the traffic statistics in big French cities, it is possible to forecast the daily occupancy rate of the air station taking 12 cars per hour (1 car each 5 minutes) at rushes hours.



3.3 CALCUL DES RESERVES ET DU COMPRESSEUR - AIR TANKS AND COMPRESSOR CALCULATION

En connaissant le nombre de voitures pour chaque heure de la journée, on peut calculer la pression dans les réserves de la station d'air, et prévoir les heures auxquelles le compresseur sera utilisé pour comprimer l'air dans ses réserves. Le débit du compresseur peut alors être défini.

En prenant un compresseur de 250 m³/h à 350b, et:

- Une pression minimum dans les réserves de la station supérieure à 200b.
- La pression maxi dans les réserves de 350b.
- La pression mini dans le véhicule de 20b.
- Un volume des réserves de la station de 5 m³

on obtient:

- Une chute de pression dans les réserves de 9.4b par remplissage (de véhicule).
- 56 à 74 secondes de charge (hors connections et paiement)
- 11 minutes de compression pour rattraper la chute de pression de 9.4b.

Knowing the number of cars per hour, it is then possible to calculate the pressure in the tank and forecast at witch hours the compressor should be used to recompress the air in the tanks of the air station. The flow rate of the compressor can easily be defined:

With a 250 m³/h compressor at 350 bar and:

- *A minimum pressure of 200 bar in the air station tanks.*
- *A maximum pressure in the tanks of 350 bar.*
- *A minimum pressure in the car of 20 bar.*
- *A forecasted volume of the tanks of the air station of 5 m³.*

we have:

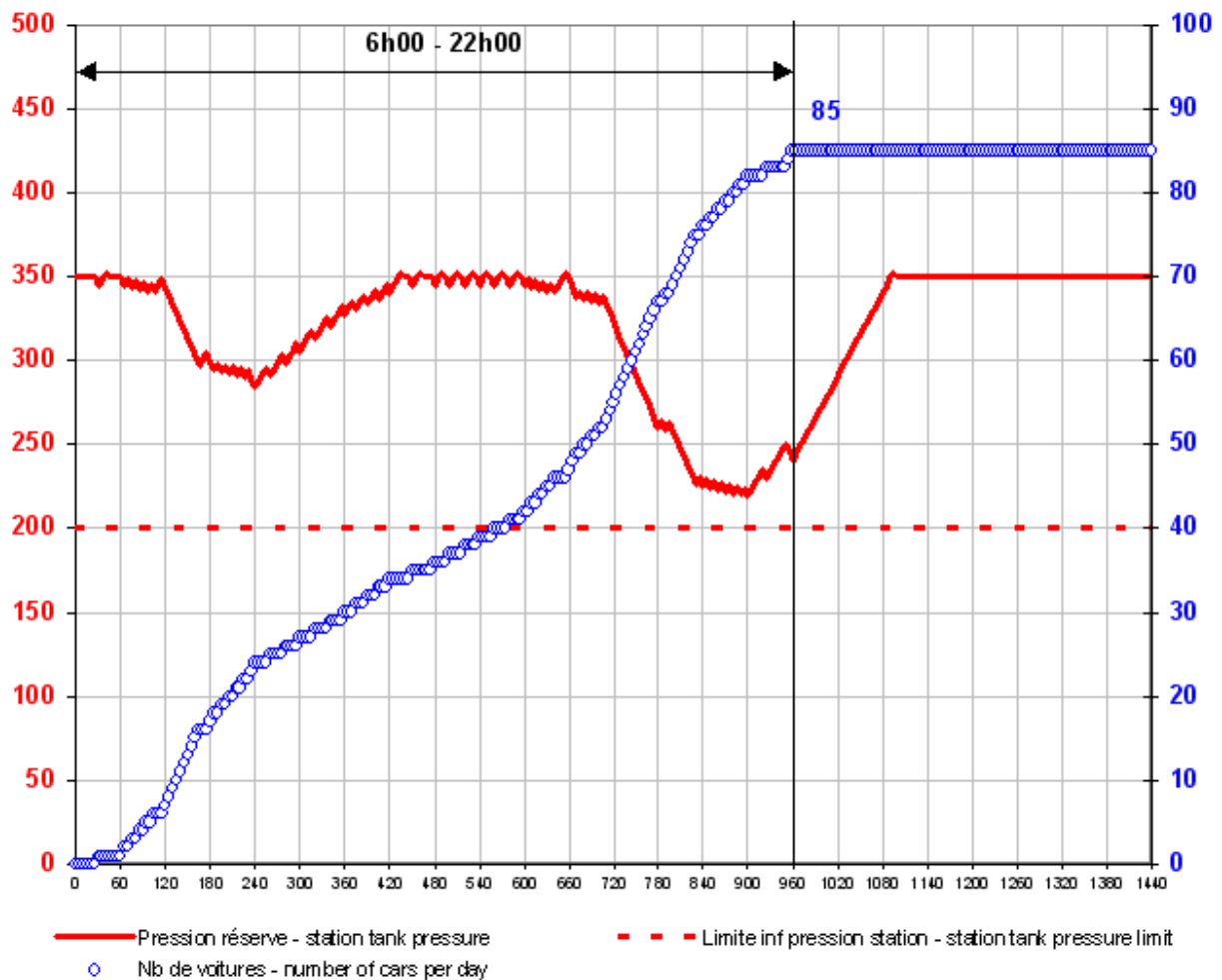
- *A pressure drop in the air station tanks of 9.4 bar per car charged*
- *56 to 74 seconds to charge (without connecting times and payment time)*
- *A compression time to recover the 9.4 lost per car of 11 minutes.*



3.4 CARACTERISTIQUES D'UTILISATION DE LA STATION DEFINIE - USING SPECS OF THE AIR STATION DEFINED

Utilisée sur une journée complète, une station d'air équipée d'un compresseur de 250 m³/h à 350b et de 5 m³ de réserves tampons, pourra remplir 85 véhicules sur une borne de recharge. Le compresseur aura un taux d'utilisation de 65%.

Used on a whole day, an air station implemented with a 250 m³/h at 350b compressor will be able to refill 85 cars on a single connection. The compressor will then have a 65% utilisation rate per day.



3.5 VERIFICATION DE LA PUISSANCE NECESSAIRE - COMPRESSOR POWER VERIFICATION

Les caractéristiques des compresseurs données par les constructeurs font souvent état de la puissance maximum du moteur électrique qui entraîne le compresseur, mais rarement de la consommation énergétique de celui-ci. Pour pouvoir évaluer les coûts d'utilisation, nous devons donc effectuer un calcul de vérification de la puissance nécessaire pour la compression.

In the compressors specs given by manufacturers, the maximum power of the electric engine that drives the compressor is often given but the real power needed to achieve the compression (or the energetic consumption) is not in their specs. To estimate the running costs, we then have to calculate this power.



La puissance nécessaire pour comprimer à 350b les réserves de la station avec un débit de 250m³/h est de 60 kW sur l'arbre de sortie ([Conception\Calculs\CALS01M02a-004.xls](#)) soit 65 kW à la prise. Connaissant le taux d'utilisation journalier du compresseur on en déduit le coût énergétique du compresseur soit environ 1000 kWh.

The power needed to compress the air station tanks at 350b with a flow at 250 m³/h is 60kW on the crankshaft ([Conception\Calculs\CALS01M02a-004.xls](#)) and 65kW at the electric plug level. Knowing the daily utilisation rate of the compressor we calculate an energetic consumption of about 1000 kWh.

3.6 ESTIMATION DES COÛTS JOURNALIERS - RUNNING COSTS

Pour connaître les coûts d'utilisation journaliers nous devons séparer les temps d'utilisations de jour et de nuit. Ensuite nous tenons compte de l'amortissement de l'installation et de la marge pour estimer le coût journalier de la station ainsi que le coût au 100km pour l'utilisateur.

In view to know the daily costs we have to estimate the night and day use of the compressor. Then taking into account the amortisation and the margin we estimate the daily expense for the air station and the cost of 100 km for the driver.

Energie et coûts - Energy and costs			
Utilisation compresseur /j - Compressor occupancy rate/day	T	65	%
Energie consommée par jour - Energy spent per day	E	1018	kWh
Coût énergétique par jour - Energy cost per day	Pej	107	€/j
Coût énergétique par voiture - Energy cost per car	Pev	1.3	€/v
Prix du plein chargé avec marge - Refilling price at station	Pc	4.4	€/v
Coûts au 100 km - Energy costsfor 100km			
Recharge sur station d'air (Technologie MDI) <i>Refill at the air station (with MDI Technology)</i>	Csa	2.4	€/100km
Recharge à domicile - Refill at home	Ch	0.5	€/100km



2.4 à 2.9 €/100km



0.5 €/100km



3.7 STATONS D'AIR AVEC TECHNOLOGIE MDI - AIR STATION WITH MDI TECHNOLOGY

La technologie MDI appliquée aux véhicules de sa gamme permet de réaliser des compresseurs en bénéficiant des prix "de série automobile. L'utilisation de blocs moteurs montés en rack, en remplacement du compresseur de 250 m³/h permet, en plus d'une grande flexibilité d'utilisation, de réduire considérablement les coûts de la station. L'investissement pour une station d'air équipée de compresseurs MDI est détaillé sur le fichier [NS01M02b.xls](#). Pour un seul exemplaire, il est de d'environ **55 600 € HT**. Il passe à **39 000 € HT** dans le cas d'une implantation à plus de 100 exemplaires.

*The MDI technology applied to its vehicle range allows to produce some compressors having the benefits of costs applied to the automotive industry. Utilise engines basements assembled in racks , in replacement of a 250 m³/h compressor, give flexibility and decrease drastically the production costs of the air station. The investment for an air station is given on the file [NS01M02b.xls](#). For a single air station it is about **55 600 € BT**. It becomes **39 000 € BT** in the case of an implementation of more than 100 stations.*



3.7.1 INVESTISSEMENT - INVESTMENT

Prix unitaire pour 100 stations <i>Price for 1 station if 100 ordered</i>	Is	39 000	€
Nombre de véhicules rechargeables par jour <i>Number of cars rechargeable / day</i>	Nvj	85	v/J
Nb de jours par an - <i>Number of days per year</i>	Ja	313	-
Nombre de véhicule rechargeable par an par station <i>Number of cars rechargeable per year per station</i>	Nva	26605	-
Investissement annuel par voiture chargées par an <i>Investment on one year per car charged per year</i>	lav	0.21	€/v.a

**4 ANALYSE COMPARATIVE SUR PARIS - PARIS COMPARISON ANALYSYS**

	Stations d'air <i>Air Station</i>	Stations électriques <i>Electric station</i>		
	Technologie MDI <i>MDI technology</i>	Recharge rapide <i>Quick charge</i>	Autolib (Auto partage) <i>Autolib (Car sharing)</i>	Station essence <i>Petrol station</i>
Stations de charge - Charging stations				
Prix unitaire pour 100 stations <i>Price for 1 station if 100 ordered</i>	39 000 €	50 000 €	50 000 €	500 000 €
Nombre de points de charge par station <i>Average charging point per station</i>	1	1	6	6
Nombre de voitures par jour, par station <i>Cars refillable daily and per station</i>	85	30	3	510
Résultats sur Paris - Paris results				
Investissement stations de Paris <i>Investment for all Paris Station</i>	8 541 000 €	15 100 000 €	50 000 000 €	100 M€
Nombre de voitures sur Paris <i>Number of vehicle in Paris</i>	25 360	6 340	3 000	634 000
Nombre nécessaire de stations sur Paris <i>Number of stations needed in Paris</i>	219	302	1 000	200
Nombre de voitures rechargeables par jour <i>Number of cars refillable per day</i>	18 615	9 060	3 000	102 000
Investissement annuel /voitures chargées <i>Annual investment /car charged per year</i>	0.21	0.76	7.61	0.45
Résultats pour l'utilisateur - Users results				
Temps charge + paiement + connections <i>Charging time + payment + connections</i>	5 min	20 min	480 min	5 min
Coût moyen d'un plein à la station <i>Average cost of one charge at the station</i>	3.7 €	6.9 €	-	75.0 €
Coût moyen au 100 km <i>Average cost for 100 km</i>	2.4 €/100km	4.9 €/100km	57 €/100km	9 €/100km



5 CONCLUSION

Cette étude met en avant la faisabilité des stations d'air et permet d'accentuer la cohérence de la mise en place sur le marché de voitures à air comprimé. En effet, ces véhicules dont le rendement énergétique à la roue est supérieur à celui des autres véhicules décarbonés, offrent aussi la possibilité d'être rechargés en quelques minutes grâce aux stations d'air. Pour l'exploitant, ces stations ont une rentabilité annuelle (ratio "Investissement annuel / nombre de voitures chargées à l'année") similaire à celle des stations services conventionnelles. Pour l'utilisateur elles offrent le meilleur coût aux 100 km avec le temps de charge le plus rapide. Dans l'attente du déploiement des stations d'air, les particuliers pourraient se brancher sur les bornes électriques de recharge lente déjà en place dans les grandes villes. Une connexion de 20 minutes à ces bornes offrir une vingtaine de kilomètres d'autonomie.

Ces stations peuvent être de différents types:

- Utilisant l'électricité comme source d'énergie et la technologie MDI pour les compresseurs (objet de l'étude S01M02b)
- **Utilisant des compresseurs à haut rendement étudiés par L'EPFL de Lausanne dans le cadre d'un accord de collaboration entre l'école et MDI.**
- Utilisant diverses énergies renouvelables:
 - Hydraulique en installant les stations sur des barges de chaque fleuve qui traversent les grandes villes (objet de l'étude S03M01a)
 - Eolien en entraînant directement les compresseurs.
- **Mobiles:** de petits camions équipés de réservoirs tampons d'air comprimé parcourent la ville afin de recharger "in situ" les véhicules des particuliers. Des informations via satellites permettent de localiser les voitures vides et de les remplir. C'est là un service sans concurrence sur le marché (objet de l'étude S05M01a).

Une optimisation concernant le choix des volumes des réserves tampons sera faite sur S01M02b. En effet grâce à la diminution des coûts de production du compresseur, on pourra envisager des réserves tampons plus grandes pour augmenter l'utilisation du compresseur durant la nuit et réduire les coûts liés à la consommation énergétique de la station.

This study highlights the feasibility of air stations and increase the consistency of the implementation on the market of air cars. Indeed, these vehicles for which fuel efficiency at the wheel is higher than other low-carbon vehicles, also offers the opportunity to be recharged in few minutes with the air stations. These stations have financial returns ("Investment / number of cars charged per year") similar to conventional service stations. They also offer to the end user the best cost per 100 km with the fastest time to charge. During the implementation time for the air stations, a private could connect its car to existing slow charging stations for EV. A 20 minutes connection could offer 20 kilometres range.

There can be different types of air stations:

- *Using electricity as energy source and MDI technology for the compressors (object of S01M02b study)*
- ***Using compressors studied by EPFL Lausanne for a collaboration agreement with MDI.***
- *Using different renewable energy:*
 - *Hydraulic, installing the stations on rivers that cross through major cities (object of S03M01a study)*
 - *Wind energy, directly driving the compressors.*
- ***Mobile: small trucks with compressed air buffer tanks running the city to charge private vehicles. GPS systems can locate the empty cars in view to refill them. That's a service without competitors on the market (object of S05M01a study)***



An optimization on the choice of the volumes for the station air tanks will be made on S01M02b study. In fact, thanks to lower production costs of the compressor, we can envisage larger buffer reserves to increase the use of the compressor during the night and reduce costs associated with the energy consumption of the station.

6 ANNEXES

Nomenclature et coûts d'une station (technologie MDI) [NS01M02b.xls](#)

Light bill of material and costs of an air station with commercial components

Bibliographie

Electric transportation engineering corporation: "Electric Vehicle Charging Infrastructure deployment Guidelines for the Oregon I-5 Metro Areas of Portland, Salem, Corvallis and Eugene").

Statistiques INSEE- INSSE statistics

Site Internet ville de Paris - Internet web site of Paris town

Communiqué de presse autolib - Autolib press realise

Documentations fournisseur de compresseur: Atlas Copco, Bauer Reavell, Greenfieldd etc

Compressors Manufacturer documentations: Atlas Copco, Bauer Reavell, Greenfieldd etc

Documentation fabricants de bornes de recharges : ABB, Mitsubishi, Teqco etc...

Electric charging points manufacturer documentations