

0. Introduction

La FNTV requiert une étude de faisabilité sur les scénarii de conversion d'une flotte diesel vers l'électrique.

La flotte proposée par la FNTV est composée de 120 véhicules, répartis ainsi : 80 cars scolaires et 40 cars de ligne régulière.

Les conditions d'entreposage des véhicules sont réparties ainsi :

	Entreposage en extérieur	Entreposage au dépôt	Total
Cars scolaires	64	16	80
Cars de lignes régulières	20	20	40
Total	84	36	120

Les cars scolaires parcourent en moyenne 25.000 km/an répartis sur 175 jours. Les cars de lignes parcourent quant à eux 55.000 km/an répartis sur 300 jours.

La durée de vie des véhicules est estimée à 15 ans.

1. Hypothèses de départ

Cette étude est réalisée sous réserve des hypothèses suivantes :

- La moyenne kilométrique journalière :
 - o Scolaires : 143 km / jour
 - o Cars de lignes : 183 km / jour
- Les consommations basées sur notre retour d'expérience au travers le monde :
 - o En milieu urbain :
 - 1,3 kWh / km pour une utilisation urbaine sans air conditionné (avec un autobus urbain de type K9)
 - 1,5 kWh / km pour une utilisation urbaine avec air conditionné (avec un autobus urbain de type K9)
 - o En milieu interurbain :
 - En moyenne, nous pouvons constater des consommations inférieures de 20% par rapport à une utilisation interurbaine.
 - Sur Shenzhen (Chine) – les autocars C9 ont une consommation moyenne de 1 kWh / km pour une utilisation interurbaine avec une utilisation importante de la climatisation.



Build Your Dreams

3. Configuration du chargeur

L'interface de charge est connectée directement sur le réseau électrique en charge AC. Voici ci-dessous les données techniques relatives aux interfaces de charge.

Model	EVA040KI	EVA080KI	
Données Electriques	Tension d'entrée nominale	3ϕ400Vac±10%	3ϕ400Vac±10%
	Max. courant d'entrée	63A ac	126A ac
	Tension de sortie	400V ac	400V ac
	Le courant de sortie	≤63A ac	≤126A ac
	Puissance max. en entrée	40 kVA	80 kVA
	Puissance max. en sortie	40 kVA	80 kVA
	Méthode de sortie	Puissance constante	Puissance constante
	Alimentation de secours	≤10 w	≤10 w
	Fréquence de fonctionnement	50 Hz±1Hz	50 Hz±1Hz
Connecteur de sortie	IEC62196 standard connecteur 7PIN	IEC62196 standard connecteur 7PIN	
Propriétés physiques	Longueur (mm)	400	400
	Largeur (mm)	200	200
	Hauteur (mm)	690	690
	Poids net	28 kg	30 kg
	Longueur du câble de charge	3m	3m
	méthode de fixation	Mural, fixé avec une vis sur le dessous	Mural, fixé avec une vis sur le dessous
Sécurité	Fonction de protection	Protection court-circuitage	Protection court-circuitage
		Protection contre les fuites	Protection contre les fuites
		Protection contre la surchauffe	Protection contre la surchauffe
		Protection parafoudre	Protection parafoudre
Autres	Bruit	<65 dB	<65 dB
	Méthode de refroidissement	Refroidissement naturel	Refroidissement naturel
	Température de fonctionnement	-25~+40 °C	-25~+40 °C
	Humidité Environnement	20%~90% (sans condensation)	20%~90% (sans condensation)
	Méthode d'affichage	LED indique l'état de charge	LED indique l'état de charge
	Méthode de contrôle	Ecran tactile	Ecran tactile
	Documents	Manuel d'utilisateur	Manuel d'utilisateur
		Facture garantie	Facture garantie
		Manuel de maintenance	Manuel de maintenance
Exigences de transport	Évitez l'eau, les choses, les retournements et manipuler avec soin	Évitez l'eau, les choses, les retournements et manipuler avec soin	



Build Your Dreams

4. Autonomies en exploitation – hypothèses sévères

Dans cette étude d'autonomie nous avons opté pour une étude sévère avec des consommations pour des véhicules urbains appliquées à un véhicule interurbain/scolaire, équipé de batteries de 219 kWh de capacité :

- Pour l'autonomie sans A/C – nous avons pris un ratio de 1 kWh <-> 1 km d'autonomie
- Pour l'autonomie avec A/C conducteur – nous avons pris un ratio de 1,3 kWh <-> 1 km d'autonomie
- Pour l'autonomie avec A/C passagers – nous avons pris un ratio de 1,5 kWh <-> 1 km d'autonomie

Concernant les autres données d'entrée :

- Nous avons pris l'hypothèse la plus sévère pour la perte capacitaire des batteries à savoir : 8% la 1^{ère} année et ensuite entre 2 et 1% par an
- Les autonomies demandées sont calculées selon les données fournies par le FNTV : 143 km pour les scolaires et 183 km pour les lignes régulières.

Consommation d'énergie															
Année d'exploitation	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10	Année 11	Année 12	Année 13	Année 14	Année
Capacité de la batterie	0	0,08	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	100%	92%	88%	86%	84%	82%	81%	79%	78%	76%	75%	73%	72%	71%	
Energie restante batterie (en kWh)	219	201	193	190	186	182	179	177	174	171	169	166	165	163	
Autonomie durée de vie (sans A/C)	219	201	193	190	186	182	179	177	174	171	169	166	165	163	
Autonomie durée de vie (avec A/C conducteur)	168,461538	155	149	146	143	140	138	136	134	132	130	128	127	125	
Autonomie durée de vie (avec A/C passagers)	146	134	129	126	124	121	120	118	116	114	113	111	110	109	
Moyenne lignes scolaires (143 km journaliers)															
Sans A/C	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Min de charge	-57	-44	-38	-35	-32	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-16	-15	
Avec A/C conducteur	OK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
Min de charge	-25	-12	-6	-3	0	3	5	7	9	11	13	15	16	17	
Avec A/C passagers	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK								
Min de charge	-3	10	16	19	22	24	26	28	30	32	34	36	37	39	
Lignes interurbaines (183 km journaliers)															
Sans A/C	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
Min de charge	-27	-14	-8	-5	-2	1	3	5	7	9	11	13	14	15	
Avec A/C conducteur	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
Min de charge	14	27	33	36	39	42	44	46	48	50	52	54	55	56	
Avec A/C passagers	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
Min de charge	42	54	60	62	65	67	69	70	72	74	76	77	78	79	



Build Your Dreams

Conclusions :

- Pour une utilisation scolaire :
 - Sans climatisation, le véhicule peut être utilisé durant toute sa durée de vie, sans qu'aucune charge supplémentaire en journée ne soit nécessaire.
 - Pour une utilisation avec climatisation conducteur, durant les 4-5 premières années d'exploitation – la charge complète du véhicule permettra de réaliser l'exploitation sans recharge complémentaire. En revanche pour le reste de sa durée de vie, 1 recharge complémentaire en ligne sera nécessaire. Cette recharge oscillera entre 3mn et 18 mn max pour un véhicule de 15 ans, pour recharger le véhicule lui permettant d'avoir une autonomie nécessaire pour terminer son exploitation.
 - Pour une utilisation avec climatisation passagers
 - la 1^{ère} année l'autonomie sera suffisante sans recharge en ligne.
 - Ensuite des recharges seront nécessaires en ligne : de 10 à 40 mn max pour réaliser l'exploitation.
- Pour une utilisation de ligne régulière :
 - Seule le scénario sans climatisation durant les 5 premières années d'exploitation est viable pour un fonctionnement sans recharge.
 - Concernant les autres utilisations les recharges seront nécessaires :
 - Pour un scénario d'utilisation de la climatisation conducteur :
 - Des recharges complémentaires de 14 à 57 mn durant la durée de vie seront nécessaires pour assurer l'exploitation moyenne
 - Pour un scénario d'utilisation de la climatisation passagers :
 - Des recharges complémentaires de 42 à 80 mn seront nécessaires pour l'exploitation minimale



Build Your Dreams

5. Autonomie en exploitation – hypothèse réaliste

Après avoir réalisé une analyse d'une exploitation sévère en milieu urbain, d'après les utilisations et les essais SORT, les consommations énergétiques sont en moyenne inférieures d'au moins 20% pour des utilisations interurbaines – en prenant cette hypothèse de consommations énergétiques de 20% inférieures :

- Pour une utilisation sans A/C : 0,8 kWh <-> 1 km
- Pour une utilisation avec clim conducteur : 1,04 kWh <-> 1 km
- Pour une utilisation avec clim passagers : 1,2 kWh <-> 1 km

Nous obtenons le tableau de consommations suivant :

Consommation d'énergie															
Année d'exploitation	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10	Année 11	Année 12	Année 13	Année 14	Année 15
Capacité de la batterie	0	0,08	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	100%	92%	88%	86%	84%	82%	81%	79%	78%	76%	75%	73%	72%	71%	70%
Energie restante batterie (en kWh)	219	201	193	190	186	182	179	177	174	171	169	166	165	163	161
Autonomie durée de de vie (sans A/C)	273,75	252	242	237	232	228	224	221	217	214	211	208	206	204	202
Autonomie durée de vie (avec A/C conducteur)	210,576923	194	186	182	179	175	172	170	167	165	162	160	158	157	155
Autonomie durée de vie (avec A/C passagers)	182,5	168	161	158	155	152	149	147	145	143	141	139	137	136	134
Moyenne lignes scolaires (143 km journaliers)															
Sans A/C	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Min de charge	-78	-65	-59	-56	-54	-51	-49	-47	-45	-43	-41	-39	-38	-36	-35
Avec A/C conducteur	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Min de charge	-53	-40	-34	-31	-28	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-12	-11	-9
Avec A/C passagers	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
Min de charge	-36	-22	-16	-13	-11	-8	-6	-4	-2	0	2	4	5	6	8
Lignes interurbaines (183 km journaliers)															
Sans A/C	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Min de charge	-54	-41	-35	-32	-30	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-14	-12	-11
Avec A/C conducteur	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK						
Min de charge	-22	-8	-2	1	3	6	8	10	12	14	16	18	19	21	22
Avec A/C passagers	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
Min de charge	0	22	28	31	34	37	40	42	44	46	48	50	52	53	54



Build Your Dreams

Conclusions :

- Pour une utilisation scolaire :
 - o Tous les scénarii sont réalisables sans recharge complémentaire, sauf pour l'utilisation avec clim passagers à partir de la 10^{ème} année d'exploitation. Néanmoins, par la suite une recharge complémentaire d'un max. de 8mn sera nécessaire. Par conséquent, les véhicules de 10 à 15 ans peuvent être déclassés sur des lignes à plus faible km leur permettant d'assurer une journée d'exploitation ayant un kilométrage journalier plus faible.
- Pour une utilisation de ligne régulière :
 - o L'utilisation sans A/C est optimale durant toute la durée de vie.
 - o L'utilisation avec clim conducteur est bonne durant les 3 premières années d'exploitation. Par la suite des recharges allant de 3 à 22 mn max. seront nécessaires.
 - o Pour l'utilisation avec climatisation passagers, nous avons en revanche besoin de recharges complémentaires allant de 22 à 54 mn max. pour recharger le véhicule pour avoir l'autonomie minimale requise.