

## A 3/1.8. Résultats

### A 3/1.8.1.

Les tableaux ci-après reprennent les différents résultats de l'évaluation monétaire de l'avantage écologique des voitures électriques, des fourgonnettes électriques et des camionnettes électriques dans les dix pays européens sélectionnés. Les 30 variantes de calcul sont numérotées comme suit :

Pays	Symbole	Voiture	Fourgonnette	Camionnette
Autriche	A	401	501	601
Belgique	B	402	502	602
Suisse	CH	403	503	603
Allemagne	D	404	504	604
Danemark	DK	405	505	605
France	F	406	506	606
Royaume-Uni	GB	407	507	607
Italie	I	408	508	608
Suède	S	409	509	609
Finlande	SF	410	510	610

Les résultats de ces calculs ont servi de base aux calculs économiques du chapitre 7. En ce qui concerne les autres variantes de calcul, nous vous renvoyons aux documents de travail du groupe "Environnement".

### A 3/1.8.2.

Chaque tableau est conçu de telle sorte que la première partie reprend sous forme de mots-clés les principales hypothèses de chaque variante de calcul. La deuxième partie montre les résultats des différentes étapes intermédiaires du calcul. Ces étapes appliquent les formules de calcul exposées au point A 3/1.4.

COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : voiture calcul n° : ..401... date : .17.4.1986

I - HYPOTHESES

Autriche

- 1.1. kilométrage annuel VT\* : urbain .85... % interurbain .15... %  
 1.2. VE\* : urbain .85... % interurbain 0 % (VE) + 15% (VT)  
 2.1. consommation d'énergie VT : urbain 0,080 l/km interurbain 0,065 l/km  
 2.2. VE : urbain 0,300 kWh/km interurbain 0,276 kWh/km  
 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple A : .00,1979.urbain, 6,95.interurbain  
 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands  
 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : .100... %  
 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres français/allemands combinés  
 4.3. structure de la production d'électricité : Autriche 17,7% charbon/fuel 82,3% gaz/autres  
 5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)  
 6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain  
 7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %  
 8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	7 500	10 000	12 500	15 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	84,11	126,16	168,21	210,27	252,32
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	7,14	10,71	14,28	17,85	21,42
	HC	10,79	16,19	21,59	26,99	32,38
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1415	1462	1511	1511	1511
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		397316	434778	474123	575786	677709
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,03	-0,04	-0,05	-0,07	-0,08
	SO <sub>2</sub>	1,45	2,18	2,90	3,62	4,35
	NO <sub>x</sub>	0,64	0,96	1,27	1,59	1,91
	HC	-2,18	-3,28	-4,39	-5,49	-6,59
	suies/poussières	0,08	0,11	0,15	0,19	0,23
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	5,98	9,04	12,14	15,18	18,21
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	2,40	3,72	4,93	6,16	7,40
	HC	0,94	1,44	1,96	2,45	2,94
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		7428	11151	14902	18628	22354
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		380	424	459	557	655

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.

COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : VOITURE calcul n° : ..402... date : 17.4.1986

I - HYPOTHESES		Belgique	
1.1. kilométrage annuel	VT* : urbain .85... %	interurbain .15... %	
1.2.	VE* : urbain .85... %	interurbain 0 % (VE) + 15% (VT)	
2.1. consommation d'énergie	VT : urbain 0,080. l/km	interurbain 0,065. l/km	
2.2.	VE : urbain 0,300. kWh/km	interurbain 0,276. kWh/km	
3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple D :	.00.2565.urbain*.1122.interurbain		
3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant :	chiffres allemands		
4.1. pertes lors de la distribution d'électricité :	....100. %		
4.2. coefficients de pollution des centrales :	chiffres français/allemands combinés		
4.3. structure de la production d'électricité :	Belgique 36,5% charbon/fuel 63,5% gaz/autres		
5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)			
6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain			
7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %			
8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO <sub>2</sub> , 3 000 DM/t NO <sub>x</sub>			

II. RESULTATS

		kilométrage annuel par véhicule (km/a)				
		5 000	7 500	10 000	12 500	15 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	109,01	163,52	218,02	272,53	327,04
	SO <sub>2</sub>	0,21	0,32	0,42	0,53	0,64
	NO <sub>x</sub>	7,14	10,71	14,28	17,85	21,42
	HC	10,67	16,00	21,33	26,67	32,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1434	1481	1530	1530	1530
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		397175	432160	468868	569002	669400
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,04	-0,06	-0,08	-0,09	-0,11
	SO <sub>2</sub>	2,93	4,40	5,86	7,32	8,79
	NO <sub>x</sub>	1,48	2,21	2,95	3,69	4,42
	HC	-2,18	-3,29	-4,41	-5,51	-6,62
	suies/poussières	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	9,79	14,78	19,85	24,81	29,78
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	3,20	4,78	6,35	7,93	9,52
	HC	0,85	1,30	1,77	2,22	2,66
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		17035	25535	34034	42543	51051
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		380	407	435	526	618

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.

COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : voiture

calcul n° : ..403... date : 17.04.1986

I - HYPOTHESES

Suisse

1.1. kilométrage annuel	VT* : urbain ...85. %	interurbain ...15. %
1.2.	VE* : urbain ...85. %	interurbain 0 % (VE) + 15 % (VT)
2.1. consommation d'énergie	VT : urbain 0,080 l/km	interurbain 0,065 l/km
2.2.	VE : urbain 0,300 kWh/km	interurbain 0,276 kWh/km
3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple	D...CO 25,65 urbain, 11,22 interurbain	
3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant :	chiffres allemands	
4.1. pertes lors de la distribution d'électricité :	..10,0.. %	
4.2. coefficients de pollution des centrales :	chiffres français/allemands combinés	
4.3. structure de la production d'électricité :	Suisse 1,6% charbon/fuel 98,4% gaz/autres	
5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)		
6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain		
7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %		
8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO <sub>2</sub> , 3 000 DM/t NO <sub>x</sub>		

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	7 500	10 000	12 500	15 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	109,01	163,52	218,02	272,53	327,04
	SO <sub>2</sub>	0,21	0,32	0,42	0,53	0,64
	NO <sub>x</sub>	7,14	10,71	14,28	17,85	21,42
	HC*	10,67	16,00	21,33	26,67	32,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1434	1481	1530	1530	1530
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		402581	440538	480405	583424	686706
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,04	-0,06	-0,09	-0,11	-0,13
	SO <sub>2</sub>	-0,24	-0,36	-0,48	-0,60	-0,72
	NO <sub>x</sub>	-0,14	-0,22	-0,29	-0,36	-0,43
	HC*	-2,19	-3,30	-4,42	-5,53	-6,64
	suies/poussières	-0,02	-0,03	-0,04	-0,04	-0,05
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	9,79	14,78	19,85	24,81	29,78
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	3,20	4,78	6,35	7,93	9,52
	HC*	0,85	1,30	1,77	2,22	2,66
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		249	357	462	578	694
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		402	440	480	583	686

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.

COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : voiture calcul n° : 404 .... date : 17.4.1986

ALLEMAGNE

I - HYPOTHESES

1. kilométrage annuel VT\* : urbain ..85.. % interurbain 15... %  
 1.2. VE\* : urbain ..85.. % interurbain 0 % (VE) + 15 % (VT)  
 2.1. consommation d'énergie VT : urbain 0,080 l/km interurbain 0,065.. l/km  
 2.2. VE : urbain 0,300 kWh/km interurbain 0,276 kWh/km  
 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple CO:2565 urbain, 11,22 interurbain..  
 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands  
 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : ..100... %  
 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres allemands  
 4.3. structure de la production d'électricité : Allemagne 56,7% charbon/fuel 43,3% gaz/autres  
 5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)  
 6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain  
 7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %  
 8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	7 500	10 000	12 500	15 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	109,01	163,52	218,02	272,53	327,04
	SO <sub>2</sub>	0,21	0,32	0,42	0,53	0,64
	NO <sub>x</sub>	7,14	10,71	14,28	17,85	21,42
	HC	10,67	16,00	21,33	26,67	32,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1434	1481	1530	1530	1530
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		395112	428964	464467	563501	662799
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	0,07	0,10	0,14	0,17	0,21
	SO <sub>2</sub>	6,68	10,01	13,34	16,68	20,02
	NO <sub>x</sub>	3,14	4,71	6,28	7,85	9,42
	HC	-2,16	-3,26	-4,37	-5,46	-6,55
	suies/poussières	0,63	0,94	1,25	1,56	1,88
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	9,79	14,78	19,85	24,81	29,78
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	3,20	4,78	6,35	7,93	9,52
	HC	0,85	1,30	1,77	2,22	2,66
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		36186	54263	72337	90421	108506
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		359	375	392	473	554

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.

COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : voiture calcul n° : ..405.... date : 17.4.1986..

I - HYPOTHESES

Danemark

- 1.1. kilométrage annuel VT\* : urbain .85... % interurbain .15... %
- 1.2. VE\* : urbain .85... % interurbain 0 % (VE) +15 % (VT)
- 2.1. consommation d'énergie VT : urbain 0,080. l/km interurbain 0,065. l/km
- 2.2. VE : urbain 0,300. kWh/km interurbain 0,276. kWh/km
- 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple CO:2565.urbain;11,22.interurbain...
- 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands
- 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : 10,0..... %
- 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres français/allemands combinés
- 4.3. structure de la production d'électricité : Danemark 99,6% charbon/fuel 0,4% gaz/autres
- 5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:50 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)
- 6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain
- 7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %
- 8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	7 500	10 000	12 500	15 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)		109,01	163,52	218,02	272,53	327,04
	CO	0,21	0,32	0,42	0,53	0,64
	SO <sub>2</sub>	7,14	10,71	14,28	17,85	21,42
	NO <sub>x</sub>	10,67	16,00	21,33	26,67	32,00
	HC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
suies/poussières						
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1434	1481	1530	1530	1530
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		397889	433283	470414	570935	671719
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)		-0,04	-0,06	-0,08	-0,10	-0,12
	CO	7,76	11,64	15,51	19,39	23,27
	SO <sub>2</sub>	3,73	5,60	7,46	9,33	11,19
	NO <sub>x</sub>	-2,19	-3,30	-4,42	-5,52	-6,63
	HC	0,14	0,22	0,29	0,36	0,43
suies/poussières						
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)		9,79	14,78	19,85	24,81	29,78
	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	3,20	4,78	6,35	7,93	9,52
	NO <sub>x</sub>	0,85	1,30	1,77	2,22	2,66
	HC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
suies/poussières						
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		41878	62800	83720	104650	125580
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		356	370	387	466	546

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.



COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : voiture calcul n° : 407..... date : 17.04.1986

		Royaume-Uni	
<b>I - HYPOTHESES</b>			
1.1. kilométrage annuel	VT* : urbain ... 85 %	interurbain .. 15 %	
1.2.	VE* : urbain ... 85 %	interurbain 0 % (VE) + 15 % (VT)	
2.1. consommation d'énergie	VT : urbain 0,080 l/km	interurbain 0,065 l/km	
2.2.	VE : urbain 0,300 kWh/km	interurbain 0,276 kWh/km	
3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple GB = £0,260 urbain... 7,5 interurbain			
3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres britanniques			
4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : 10,0... %			
4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres britanniques			
4.3. structure de la production d'électricité : Royaume-Uni 81,0% charbon/fuel 19,0% gaz/autres			
5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)			
6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain			
7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %			
8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO <sub>2</sub> , 3 000 DM/t NO <sub>x</sub>			

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	7 500	10 000	12 500	15 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	110,50	165,75	221,00	276,25	331,50
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	5,52	8,29	11,05	13,81	16,57
	HC	13,60	20,40	27,20	34,00	40,80
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1427	1471	1515	1515	1515
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		396503	430928	466632	566371	666370
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,04	-0,05	-0,07	-0,09	-0,11
	SO <sub>2</sub>	12,24	18,35	24,46	30,58	36,69
	NO <sub>x</sub>	4,05	6,08	8,11	10,13	12,16
	HC	-1,81	-2,73	-3,65	-4,57	-5,48
	suies/poussières	0,72	1,09	1,45	1,81	2,17
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	6,51	9,82	13,14	16,43	19,71
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	0,87	1,30	1,72	2,15	2,58
	HC	1,35	2,05	2,78	3,49	4,18
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
f) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		57908	86923	116029	145037	174044
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		339	344	351	421	492

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.





COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : voiture

calcul n° : ..409....

date : 17.4.1986

I - HYPOTHESES

Suède

- 1.1. kilométrage annuel VT\* : urbain ..85.. % interurbain ...15.. %  
 1.2. VE\* : urbain ..85.. % interurbain 0 % (VE) + 15% (VT)  
 2.1. consommation d'énergie VT : urbain 0,080. l/km interurbain 0,065. l/km  
 2.2. VE : urbain 0,300. kWh/km interurbain 0,276. kWh/km  
 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple S : 50,54,65 urbain, 11,19 interurbain  
 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands  
 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : ..10,0... %  
 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres français/allemands combinés  
 4.3. structure de la production d'électricité : Suède 4,1% charbon/fuel 95,9% gaz/autres  
 5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)  
 6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain  
 7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %  
 8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	7 500	10 000	12 500	15 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)		232,26	348,39	464,52	580,66	696,79
	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	10,88	16,32	21,76	27,20	32,64
	NO <sub>x</sub>	29,15	43,73	58,31	72,89	87,46
	HC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières					
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1430	1473	1516	1516	1516
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		400214	436183	473439	574868	678557
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)		-0,04	-0,06	-0,08	-0,10	-0,13
	CO	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03
	SO <sub>2</sub>	-0,07	-0,11	-0,15	-0,19	-0,22
	NO <sub>x</sub>	-2,19	-3,30	-4,41	-5,52	-6,62
	HC	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03
	suies/poussières					
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)		9,73	14,66	19,62	24,53	29,43
	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	2,21	3,30	4,37	5,46	6,55
	NO <sub>x</sub>	2,57	3,91	5,30	6,63	7,95
	HC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières					
f) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		8682	13200	17910	22388	26865
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		392	423	458	552	650

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.

COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : voiture calcul n° : 410..... date : 17.4.1986

I - HYPOTHESES

- Finlande
- 1.1. kilométrage annuel VT\* : urbain .85.. % interurbain ..15.. %  
 1.2. VE\* : urbain .85.. % interurbain 0 % (VE) +15 % (VT)
- 2.1. consommation d'énergie VT : urbain 0,080. l/km interurbain 0,065. l/km  
 2.2. VE : urbain 0,300. kWh/km interurbain 0,276. kWh/km
- 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple SF : 10,14,31.urbain 0,6,95.interurbain  
 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands
- 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : .10,0.. %  
 4.2. coefficients de pollution des centrales : ..chiffres finlandais  
 4.3. structure de la production d'électricité : Finlande 26,8% charbon/fuel 73,2% gaz/autres
5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)  
 6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain  
 7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %  
 8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	7 500	10 000	12 500	15 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	60,82	91,23	121,63	152,04	182,45
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	8,92	13,39	17,85	22,31	26,77
	HC	7,18	10,77	14,36	17,96	21,55
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1402	1452	1505	1505	1505
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		404905	449413	496771	604161	711809
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,04
	SO <sub>2</sub>	1,17	1,75	2,34	2,92	3,50
	NO <sub>x</sub>	0,87	1,00	1,34	1,67	2,00
	HC	-2,17	-3,27	-4,38	-5,48	-6,58
	suies/poussières	0,09	0,13	0,18	0,22	0,27
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	5,93	8,98	12,10	15,12	18,14
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	2,46	3,69	4,91	6,14	7,37
	HC	0,94	1,43	1,96	2,44	2,93
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		6380	9822	12934	18188	19401
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		399	440	484	588	692

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.

COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : fourgonnette calcul n° : ..501.... date : 17.4.1986

- I - HYPOTHESES Autriche
- 1.1. kilométrage annuel VT\* : urbain ..100. % interurbain ...0.. %
- 1.2. VE\* : urbain ..100. % interurbain 0 % (VE) + 0 % (VT)
- 2.1. consommation d'énergie VT : urbain 0,085. l/km interurbain 0,000. l/km
- 2.2. VE : urbain 0,320. kWh/km interurbain 0,000. kWh/km
- 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple CO 210, NOx 1,8, HC 2,7.g/(km.urbain)
- 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands
- 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : 10,0... %
- 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres allemands/français combinés
- 4.3. structure de la production d'électricité : Autriche 17,7% carbon/fuel 82,3% gaz/autres
5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)
6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain
7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %
8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	10000	15 000	20 000	25 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	105,15	210,30	315,45	420,60	525,75
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	8,85	17,80	26,85	35,80	44,75
	HC	13,50	27,00	40,50	54,00	67,50
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1415	1511	1511	1511	1511
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		401677	483457	691712	900817	1109782
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,03	-0,07	-0,10	-0,13	-0,16
	SO <sub>2</sub>	1,83	3,66	5,49	7,32	9,15
	NO <sub>x</sub>	0,81	1,61	2,41	3,22	4,02
	HC	-2,67	-5,39	-8,08	-10,78	-13,47
	suies/poussières	0,10	0,19	0,29	0,38	0,48
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		-6740	-13789	-20884	-27578	-34473
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		408	487	712	928	1144

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.

COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : fourgonnette                      calcul n° : ...502...      date : 17.04.1986

I - HYPOTHESES

Belgique

- 1.1. kilométrage annuel                      VT\* : urbain .100.. %                      interurbain ..0.. %  
 1.2.    VE\* : urbain .100.. %                      interurbain 0 % (VE) + 0% (VT)  
 2.1. consommation d'énergie              VT : urbain 0,085 L/km                      interurbain 0,000 L/km  
 2.2.    VE : urbain 0,320 kWh/km                      interurbain 0,000 kWh/km  
 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple CO:27,2...NOx...1,8...HC 2,7 g/km (urbain)  
 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands  
 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : .10,0... %  
 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres français/allemands combinés  
 4.3. structure de la production d'électricité : Belgique 36,5% charbon/fuel 63,5% gaz/autres  
 5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)  
 6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain  
 7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %  
 8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	10 000	15 000	20 000	25 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	136,25	272,50	408,75	545,00	681,25
	SO2	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
	NOx	8,95	17,90	26,85	35,80	44,75
	HC	13,35	26,70	40,05	53,40	66,75
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1432	1529	1529	1529	1529
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		400770	476874	681439	886860	1092146
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,05	-0,09	-0,14	-0,18	-0,23
	SO2	3,69	7,37	11,06	14,75	18,43
	NOx	1,86	3,71	5,57	7,42	9,28
	HC	-2,68	-5,41	-8,11	-10,82	-13,52
	suies/poussières	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NOx	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		3325	6337	9508	12674	15843
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		397	471	672	874	1076

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.

COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : fourgonnette      calcul n° : 5Q3.....      date : 17.4.86..

I - HYPOTHESES

Suisse

- 1.1. kilométrage annuel      VT\* : urbain ..100. %      interurbain ..0... %
- 1.2.                              VE\* : urbain ..100. %      interurbain 0% (VE) + 0 % (VT)
- 2.1. consommation d'énergie      VT : urbain 0,085 l/km      interurbain 0,000 l/km
- 2.2.                              VE : urbain 0,320 kWh/km      interurbain 0,000 kWh/km
- 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple CO..27,22..NOx..1,8...HC..2,7g/km (urbain)
- 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands
- 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : 10,0%.. %
- 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres français/allemands combinés
- 4.3. structure de la production d'électricité : Suisse 1,6% charbon/fuel 98,4% gaz/autres
- 5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)
- 6. rendement du catalyseur : par exemple CO (0 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain
- 7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %
- 8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	10 00	15 000	20 00	25 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)						
	CO	136,25	272,50	408,75	545,00	681,25
	SO <sub>2</sub>	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
	NO <sub>x</sub>	8,95	17,90	26,85	35,80	44,75
	HC	13,35	26,70	40,05	53,40	66,75
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1432	1529	1529	1529	1529
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		406676	489477	700342	911866	1123653
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)						
	CO	-0,05	-0,10	-0,16	-0,21	-0,26
	SO <sub>2</sub>	-0,29	-0,58	-0,87	-1,16	-1,45
	NO <sub>x</sub>	-0,17	-0,35	-0,53	-0,70	-0,88
	HC	-2,69	-5,43	-8,14	-10,85	-13,57
	suies/poussières	-0,02	-0,04	-0,06	-0,09	-0,11
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)						
	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
f) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		-17740	-35782	-53688	-71585	-89481
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		424	525	754	983	1213

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.



COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : Fourgonnette

calcul n° : .505.....

date : 17.4.1986.

I - HYPOTHESES

Danemark

- 1.1. kilométrage annuel VT\* : urbain ...100 % interurbain 0.... %
- 1.2. VE\* : urbain ...100 % interurbain 0 % (VE) + 0 % (VT)
- 2.1. consommation d'énergie VT : urbain 0,085 l/km interurbain 0,000 l/km
- 2.2. VE : urbain 0,320 kWh/km interurbain 0,000 kWh/km
- 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple CO 27,2 mg NOx 1,8 mg HC 2,7 g/km (urbain)
- 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands
- 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : 10,0... %
- 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres français/allemands combinés
- 4.3. structure de la production d'électricité : Danemark 99,6% charbon/fuel 0,4% gaz/autres
- 5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)
- 6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain
- 7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %
- 8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	10 000	15 000	20 000	25 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	136,25	272,50	408,75	545,00	681,25
	SO <sub>2</sub>	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
	NO <sub>x</sub>	8,85	17,90	26,85	35,80	44,75
	HC <sup>x</sup>	13,35	26,70	40,05	53,40	66,75
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1432	1529	1529	1529	1529
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		401562	478563	683972	890038	1098369
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,05	-0,10	-0,15	-0,20	-0,25
	SO <sub>2</sub>	8,75	19,49	29,23	38,98	48,72
	NO <sub>x</sub>	4,69	9,37	14,06	18,75	23,44
	HC <sup>x</sup>	-2,69	-5,42	-8,13	-10,84	-13,55
	suies/poussières	0,18	0,36	0,54	0,72	0,91
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		34500	68688	103032	137376	171720
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		367	410	581	753	925

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.



COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : fourgonnette      calcul n° : .506.....      date : 17.4.1986

I - HYPOTHESES		France	
1.1. kilométrage annuel	VT* : urbain .100. %	interurbain ..0.. %	
1.2.	VE* : urbain .100. %	interurbain 0 % (VE) + 0 % (VT)	
2.1. consommation d'énergie	VT : urbain 0,085. l/km	interurbain 0,000. l/km	
2.2.	VE : urbain 0,320. kWh/km	interurbain 0,000. kWh/km	
3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple	SO <sub>2</sub> 27,2.. NO <sub>x</sub> 1,8.. HC 2,7.g/km (urbain)		
3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant :	chiffres allemands		
4.1. pertes lors de la distribution d'électricité :	.10,0.. %		
4.2. coefficients de pollution des centrales :	chiffres français		
4.3. structure de la production d'électricité :	France 14,9% charbon/fuel 85,1% gaz/autres		
5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)			
6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain			
7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %			
8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO <sub>2</sub> , 3 000 DM/t NO <sub>x</sub>			

II. RESULTATS

		kilométrage annuel par véhicule (km/a)				
		5 000	10 000	15 000	20 000	25 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	136,25	272,50	408,75	545,00	681,25
	SO <sub>2</sub>	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
	NO <sub>x</sub>	8,95	17,90	26,85	35,80	44,75
	HC*	13,35	26,70	40,05	53,40	66,75
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1432	1529	1529	1529	1529
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		398030	471028	672869	874967	1077530
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,05	-0,11	-0,16	-0,21	-0,28
	SO <sub>2</sub>	2,25	4,50	6,75	9,00	11,25
	NO <sub>x</sub>	0,49	0,99	1,48	1,97	2,46
	HC*	-2,69	-5,37	-8,15	-10,86	-13,58
	suies/poussières	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		-6219	-12751	-19126	-25501	-31877
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		404	484	692	900	1109

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.

COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : fourgonnette

calcul n° : ..507....

date : 17.4.1986

I - HYPOTHESES

Royaume-Uni

- 1.1. kilométrage annuel VT\* : urbain 100... % interurbain ..0... %  
 1.2. VE\* : urbain 100... % interurbain 0 % (VE) + 0 % (VT)  
 2.1. consommation d'énergie VT : urbain 0,085 L/km interurbain 0,000 L/km  
 2.2. VE : urbain 0,320 kWh/km interurbain 0,000 kWh/km  
 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple CO,27,6.N0,14.HC,3,4 g/km (urbain)...  
 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres britanniques  
 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : 10,0... %  
 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres britanniques  
 4.3. structure de la production d'électricité : Royaume-Uni 81,00% charbon/fuel 19,0% gaz/autres  
 5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)  
 6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain  
 7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %  
 8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	100 00	15 000	200 00	25 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	138,00	276,00	414,00	552,00	690,00
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	7,00	14,00	21,00	28,00	35,00
	HC	17,00	34,00	51,00	68,00	85,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1427	1515	1515	1515	1515
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		400428	475126	679114	883754	1088656
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,04	-0,09	-0,13	-0,17	-0,22
	SO <sub>2</sub>	15,38	30,74	46,12	61,48	76,86
	NO <sub>x</sub>	5,09	10,18	15,28	20,37	25,48
	HC	-2,22	-4,48	-6,72	-8,96	-11,20
	suies/poussières	0,91	1,82	2,72	3,63	4,54
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
f) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		59615	118957	178436	237914	297393
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		341	356	501	646	791

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.

COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : fourgonnette                      calcul n° : 508.....                      date : 17.4.1986

- I - HYPOTHESES Italie
- 1.1. kilométrage annuel                      VT\* : urbain 100. %                      interurbain 0. %
- 1.2.    VE\* : urbain 100. %                      interurbain 0 % (VE) + 0 % (VT)
- 2.1. consommation d'énergie                      VT : urbain 0,085. l/km                      interurbain 0,000. l/km
- 2.2.    VE : urbain 0,320. kWh/km                      interurbain 0,000. kWh/km
- 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple . . . . . NO<sub>x</sub> 18. HC 2,7. g/km (urbain)
- 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands
- 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : 10,0. %
- 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres français/allemands combinés
- 4.3. structure de la production d'électricité : Italie 53,8% charbon/fuel 46,2% gaz/autres
5. coefficients de toxicité CO:NO<sub>x</sub>:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)
6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain
7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %
8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	10000	15 000	20000	25 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	136,25	272,50	408,75	545,00	681,25
	SO <sub>2</sub>	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
	NO <sub>x</sub>	8,95	17,90	26,85	35,80	44,75
	HC	13,35	26,70	40,05	53,40	66,75
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1432	1529	1529	1529	1529
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		397909	470768	672279	874448	1076880
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,02	-0,05	-0,07	-0,10	-0,12
	SO <sub>2</sub>	7,53	15,06	22,59	30,12	37,65
	NO <sub>x</sub>	2,66	5,31	7,96	10,61	13,27
	HC	-2,64	-5,33	-7,99	-10,66	-13,32
	suies/poussières	0,22	0,44	0,66	0,88	1,10
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		20367	40423	60634	80845	101057
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		378	430	612	794	976

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.



COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : fourgonnette calcul n° : 510.... date : 14.4.1986

- I - HYPOTHESES Finlande
- 1.1. kilométrage annuel VT\* : urbain 100.... % interurbain ...0... %
- 1.2. VE\* : urbain 100... % interurbain 0 % (VE) + 0 % (VT)
- 2.1. consommation d'énergie VT : urbain 0,085 l/km interurbain 0,000 l/km
- 2.2. VE : urbain 0,320 kWh/km interurbain 0,000 kWh/km
- 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple CO, 15,2 NO<sub>2</sub>, 2,2 HC, 1,8 g/km (urbain)...
- 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands
- 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : 10,0... %
- 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres finlandais
- 4.3. structure de la production d'électricité : Finlande 26,8% charbon/fuel 73,2% gaz/autres
5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)
6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain
7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %
8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	10000	15 000	20000	25 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	78,00	152,00	228,00	304,00	380,00
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	11,15	22,30	33,45	44,60	55,75
	HC <sup>x</sup>	9,00	18,00	27,00	36,00	45,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1402	1505	1505	1505	1505
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		410319	508367	729203	950686	1172430
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,01	-0,03	-0,04	-0,08	-0,07
	SO <sub>2</sub>	1,48	2,95	4,43	5,90	7,38
	NO <sub>x</sub>	0,85	1,69	2,53	3,38	4,22
	HC <sup>x</sup>	-2,66	-5,38	-8,07	-10,76	-13,44
	suies/poussières	0,11	0,23	0,34	0,45	0,57
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC <sup>x</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		-7900	-16135	-24202	-32270	-40337
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		418	525	753	983	1213

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.



COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : camionnette

calcul n° : 602.....

date : 17.4.1986

I - HYPOTHESES

Belgique

- 1.1. kilométrage annuel VT\* : urbain 100 % interurbain 0 %  
 1.2. VE\* : urbain 100 % interurbain 0 % (VE) + 0 % (VT)  
 2.1. consommation d'énergie VT : urbain 0,176 l/km interurbain 0,000 l/km  
 2.2. VE : urbain 0,620 kWh/km interurbain 0,000 kWh/km  
 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple CO 45,8 NO 2,1 HC 5,2 g/km (urbain)  
 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands  
 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : 10,0 %  
 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres français/allemands combinés  
 4.3. structure de la production d'électricité : Belgique 36,5% charbon/fuel 63,5% gaz/autres  
 5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)  
 6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain  
 7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %  
 8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	10 000	15 000	20 000	25 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	229,00	458,00	687,00	916,00	1145,00
	SO <sub>2</sub>	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00
	NO <sub>x</sub>	10,60	21,20	31,80	42,40	53,00
	HC <sup>x</sup>	28,20	56,40	84,60	112,80	141,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1448	1537	1537	1537	1537
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		454973	585362	843992	1103284	1362840
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,10	-0,19	-0,29	-0,38	-0,48
	SO <sub>2</sub>	7,09	14,16	21,25	28,33	35,41
	NO <sub>x</sub>	3,57	7,13	10,69	14,25	17,82
	HC <sup>x</sup>	-5,56	-11,21	-16,81	-22,42	-28,02
	suies/poussières	0,13	0,27	0,40	0,53	0,66
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC <sup>x</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		3918	7238	10857	14475	18084
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		451	578	833	1089	1345

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.









COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : camionnette

calcul n° : ..604... date :

I - HYPOTHESES

Allemagne

- 1.1. kilométrage annuel VT\* : urbain ..100. % interurbain ..0... %  
 1.2. VE\* : urbain ..100. % interurbain 0 % (VE) + 0 % (VT)  
 2.1. consommation d'énergie VT : urbain 0,176 L/km interurbain 0,000 L/km  
 2.2. VE : urbain 0,620 kWh/km interurbain 0,000 kWh/km  
 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple CO:45,8, NO<sub>x</sub> 2,1, HC 5,2 g/km (urbain)  
 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands  
 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : 10,0 %  
 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres allemands  
 4.3. structure de la production d'électricité : Allemagne 56,7% charbon/fuel 43,3% gaz/autres  
 5. coefficients de toxicité CO:NO<sub>x</sub>:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)  
 6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain  
 7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %  
 8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	10 000	15 000	20 000	25 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	229,00	458,00	687,00	916,00	1145,00
	SO <sub>2</sub>	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00
	NO <sub>x</sub>	10,60	21,20	31,80	42,40	53,00
	HC <sup>x</sup>	26,20	52,40	78,60	104,80	131,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1448	1537	1537	1537	1537
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		450259	575356	828983	1083272	1337828
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	0,16	0,33	0,49	0,65	0,81
	SO <sub>2</sub>	16,19	32,36	48,54	64,72	80,90
	NO <sub>x</sub>	7,62	15,22	22,84	30,45	38,06
	HC <sup>x</sup>	-5,51	-11,11	-16,66	-22,22	-27,77
	suies/poussières	1,52	3,03	4,55	6,07	7,59
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC <sup>x</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		50482	100366	150549	200732	250915
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		400	475	678	883	1087

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.

COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : camionnette

calcul n° : .605.... date : 17.4.1986

I - HYPOTHESES

Danemark

- 1.1. kilométrage annuel VT\* : urbain ..100.. % interurbain ..0... %  
 1.2. VE\* : urbain ..100.. % interurbain 0 % (VE) + 0 % (VT)  
 2.1. consommation d'énergie VT : urbain ..0,176 L/km interurbain 0,000 L/km  
 2.2. VE : urbain ..0,620 kWh/km interurbain 0,000 kWh/km  
 3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple ..CO 45,8.. NO<sub>2</sub> 2,1.. HC 5,2g/km.. (urbain)  
 3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant : chiffres allemands  
 4.1. pertes lors de la distribution d'électricité : ..10,0.. %  
 4.2. coefficients de pollution des centrales : chiffres français/allemand combinés  
 4.3. structure de la production d'électricité : Danemark 99,6% charbon/fuel 0,4% gaz/autres  
 5. coefficients de toxicité CO:NOx:HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)  
 6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain  
 7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %  
 8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO<sub>2</sub>, 3 000 DM/t NO<sub>x</sub>

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	10 00	15 000	20 000	25 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	229,00	458,00	687,00	916,00	1145,00
	SO <sub>2</sub>	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00
	NO <sub>x</sub>	10,60	21,20	31,80	42,40	53,00
	HC <sup>x</sup>	26,20	52,40	78,60	104,80	131,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1448	1537	1537	1537	1537
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		456629	588877	849265	1110315	1371629
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,10	-0,21	-0,31	-0,42	-0,52
	SO <sub>2</sub>	18,83	37,64	56,46	75,27	94,09
	NO <sub>x</sub>	9,05	18,10	27,15	36,20	45,24
	HC <sup>x</sup>	-5,57	-11,23	-16,85	-22,46	-28,08
	suies/poussières	0,35	0,69	1,04	1,39	1,74
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC <sup>x</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		64320	128043	192084	256086	320107
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		392	461	657	854	1052

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.





COST 302 - SOUS-GROUPE ENVIRONNEMENT

Evaluation de l'avantage écologique des véhicules électriques

type de véhicule : camionnette calcul n° : 610..... date : 17.4.1986

I - HYPOTHESES		Finlande	
1.1. kilométrage annuel	VT* : urbain .100. %	interurbain ..0... %	
1.2.	VE* : urbain .100. %	interurbain 0 % (VE) + 0 % (VT)	
2.1. consommation d'énergie	VT : urbain 0,174. l/km	interurbain 0,000. l/km	
2.2.	VE : urbain 0,620. kWh/km	interurbain 0,000. kWh/km	
3.1. coefficients de pollution des VT : par exemple	CO 45,8... NO <sub>x</sub> 2,1... HC 5,29/km.....		
3.2. émissions provenant de l'approvisionnement en carburant :	chiffres allemands		
4.1. pertes lors de la distribution d'électricité :	10,0... %		
4.2. coefficients de pollution des centrales :	chiffres finlandais		
4.3. structure de la production d'électricité :	Finlande 26,2% charbon/fuel 73,2% gaz/autres		
5. coefficients de toxicité CO:NO <sub>x</sub> :HC = 1:100:30 (urbain) = 0:100:200 (interurbain)			
6. rendement du catalyseur : par exemple CO (Ø 80 000 km) 69 % urbain, 77 % interurbain			
7. coût du catalyseur : prix 1 600 DM, durée de vie : 8 années/80 000 km, consommation + 10 %			
8. coût de la réduction des émissions des centrales : 3750 DM/t SO <sub>2</sub> , 3 000 DM/t NO <sub>x</sub>			

II. RESULTATS

kilométrage annuel par véhicule (km/a)

		5 000	00	1 000	00	5 000
a) réduction des émissions en trafic urbain pour 1 000 VE (t/a)	CO	229,00	458,00	687,00	916,00	1145,00
	SO <sub>2</sub>	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00
	NO <sub>x</sub>	10,60	21,20	31,80	42,40	53,00
	HC	28,20	56,40	84,60	112,80	141,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) nombre équivalent de VT avec catalyseur		1448	1537	1537	1537	1537
c) coût de ces catalyseurs (DM/a)		493703	667572	967308	1267705	1568367
d) augmentation des émissions dans le secteur énergétique due à 1 000 véhicules électriques (t/a)	CO	-0,03	-0,07	-0,10	-0,14	-0,17
	SO <sub>2</sub>	2,80	5,59	8,39	11,18	13,98
	NO <sub>x</sub>	1,61	3,20	4,81	6,41	8,01
	HC	-5,54	-11,17	-16,76	-22,34	-27,83
	suies/poussières	0,22	0,43	0,65	0,86	1,08
e) réduction des émissions due à l'emploi de véhicules avec catalyseur en trafic interurbain (t/a)	CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NO <sub>x</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	suies/poussières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
e) coût de la réduction nécessaire des émissions des centrales (DM/a)		-17927	-36451	-54676	-72901	-91128
g) avantage financier d'un VE (DM/a)		512	704	1022	1341	1659

\* VT = véhicule thermique, VE = véhicule électrique.

A 3/1.9 Documents de travail

- A 3/1.9.1 The Finnish report to the Management Committee for COST Project 302 (electric vehicles) according to the Memorandum of Understanding Helsinki University of Technology  
28.11.1983
- A 3/1.9.2 Calculation of the impact of electrically powered road vehicles on the exhaust fume emission of road traffic and energy supply  
Contribution from Finland/ Neste Oy  
June 6, 1984
- A 3/1.9.3 Calculs des émissions de pollution/ Note de calcul A.V.E.R.E.  
12 April 1984
- A 3/1.9.4 Action COST 302 V.E.R./ Calcul des émissions toxiques  
Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschafts-  
department  
Stab für Gesamtverkehrsfragen  
23 March 1984
- A 3/1.9.5 COST 302 - Environment effects/ Note on air pollution  
Transport Science Policy Unit  
Department of Transport (UK)  
10 November 1983
- A 3/1.9.6 Air pollution from cars  
Transport Science Policy Unit  
Department of Transport (UK)  
12 March 1984



- A 3/1.9.7 Reductions of toxic emissions by electric vehicles  
Transport Science Policy Unit  
Department of Transport (UK)  
24 July 1984
- A 3/1.9.8 Auswirkungen des Einsatzes von Elektrofahrzeugen auf die Abgas-Emissions-situation - Grundlagen und Datenmaterial -  
Contribution from the Federal Republic of Germany  
February 1984
- A 3/1.9.10 Calculation of the Impact of Electrically Powered Road Vehicles on the Exhaust Fume Emission of Road Traffic and Energy Supply  
Contribution from the Federal Republic of Germany  
May 1984
- A 3/1.9.11 Bedeutung der Abgas-Emissionsentlastung durch Elektrofahrzeuge im Verhältnis zu den landesweiten Gesamtemissionen  
Contribution from the Federal Republic of Germany  
October 1984
- A 3/1.9.12 Proposals for the work of the Environmental Effects Subcommittee of COST Project 302  
Contribution from the Federal Republic of Germany and Great Britain  
1. Draft 4.6.1985 - Amended 18.6.1985
- A 3/1.9.13 Eine direkte Methode zur monetären Bewertung des Einflusses von Elektrofahrzeugen auf Umweltschäden durch Abgasemissionen des Straßenverkehrs  
Contribution from the Federal Republic of Germany  
June 1985

A 3/1.9.14 - Evaluation monétaire de l'impact des véhicules sur la pollution de l'air

Contribution de la République Fédérale d'Allemagne à plusieurs égards :

- Document de travail destiné au groupe "Environnement" Septembre 1985
- Calculs remaniés destinés au groupe "Environnement" Janvier 1986
- Deuxième version révisée et complétée du document de travail - Février 1986.
- Troisième et dernière version du document de travail Avril 1986.
- Annexe au document de travail. - Juin 1986.

## ANNEXE 3/2 - BRUIT DU TRAFIC ROUTIER

### A3/2.1. Introduction

A3/2.1.1. Le bruit du trafic routier dérange plus les habitants chez eux que n'importe quelle autre source de bruit. En Grande-Bretagne, une enquête sur les effets du trafic routier sur la qualité de l'habitat (1) a révélé que près de 90 % des personnes interrogées pouvaient entendre le bruit du trafic routier chez elles et que ce bruit, s'il ennuyait 23 % d'entre elles, en agaçait franchement 8 %. Aucun autre bruit n'était aussi ennuyant. La sécurité était le seul facteur que les personnes participant à l'enquête estimaient plus important.

A3/2.1.2. Selon des statistiques allemandes récentes (2), environ 26 % des citoyens de la République fédérale sont incommodés par le bruit du trafic. Le bruit du trafic (à l'exclusion du bruit du trafic aérien) constitue environ 60 % du bruit perçu.

A3/2.1.3. Le présent document traite du bruit du trafic routier et du désagrément qu'il occasionne. Il n'aborde pas la question du coût financier du bruit et ne s'efforce pas de trouver une base d'évaluation des réductions possibles du niveau du bruit.

### A3/2.2. Mesure du bruit et nuisances sonores

A3/2.2.1. Dans le trafic, le débit des véhicules est irrégulier, de telle sorte que le niveau sonore varie d'un moment à l'autre. Plusieurs indices différents ont été mis au point pour calculer le niveau sonore sur une période donnée. Ils se réfèrent tous à l'échelle de décibels à pondération A - dB(A) - qui donne aux différentes fréquences à peu près les mêmes pondérations que l'oreille humaine. Les deux indices les plus connus sont les suivants :

- a)  $L_{10}$  - le niveau sonore en dB(A) dépassé pendant 10 % d'une période donnée,
- b)  $L_{eq}$  - le niveau sonore constant en dB(A) représentant la même énergie que le son effectif sur une période donnée.

A3/2.2.2. L'indice  $L_{10}$  est largement utilisé au Royaume-Uni. L'indice  $L_{eq}$  est généralement utilisé en Allemagne et est recommandé par l'ISO (Organisation internationale de normalisation); toutefois, lors de l'évaluation des effets du bruit du trafic sur les êtres humains, le recours à un indice plutôt qu'à l'autre n'importe guère et cela, pour deux raisons. La première en est que, dans les expérimentations où l'on a eu recours aux deux indices, les résultats concordaient largement (3). Dès lors, il est raisonnable de supposer que, pour les expérimentations où seuls les niveaux  $L_{10}$  ont été mesurés, la mesure des niveaux  $L_{eq}$  aurait abouti à des conclusions similaires et vice versa.

A3/2.2.3. La seconde raison en est que, non seulement des personnes différentes réagissent de façon très différente au même bruit du trafic, ce qui n'est pas surprenant, mais encore que les mêmes personnes réagissent souvent différemment à un même bruit en des occasions différentes (3). Il est vrai que le désagrément généralement éprouvé par un groupe de personnes tend à augmenter dès que le bruit augmente, mais aucune relation quantitative n'a jusqu'à présent été établie entre le désagrément que ce groupe éprouve et un indice de bruit donné. Tout traité sur les véhicules électriques et le bruit du trafic doit forcément envisager les effets éventuels des véhicules électriques sur l'indice de bruit, mais on ne pourrait en tirer que des conclusions très générales quant au problème réel des nuisances dues au bruit du trafic.

### A3/2.3. Bruit du véhicule

A3/2.3.1. Le bruit d'un véhicule a différentes origines, à savoir le moteur, l'admission de l'air de combustion, l'échappement, le ventilateur, la transmission, les pneumatiques, le revêtement de la chaussée, les freins, la carrosserie et le chargement. Par "bruit de moteur" on entend le bruit produit par le moteur, l'admission d'air, l'échappement, le ventilateur et la transmission et par "bruit de roulement" le bruit qui provient de toutes les autres sources. La contribution du bruit de roulement au bruit total du véhicule varie entre autres en fonction de la vitesse, du chargement et du revêtement de la chaussée. Etant donné que les conducteurs conduisent rarement au point mort et moteur coupé, il est pratiquement impossible d'apprécier la contribution du bruit de roulement au bruit total du trafic. Selon une première approximation, le bruit de roulement d'un véhicule électrique est à peu près le même que celui d'un véhicule thermique.

A3/2.3.2. Des recherches britanniques (4) ont montré qu'en trafic urbain, la réduction du bruit du moteur d'un véhicule thermique réduit pratiquement d'autant le bruit total du véhicule.

Le présent document se rallie à la conviction suivant laquelle une modification du bruit de roulement ne change guère le niveau de bruit général du véhicule en trafic urbain, sauf peut-être sur les autoroutes urbaines.

A3/2.3.3. Les véhicules électriques n'ont ni moteur thermique, ni système d'admission de l'air de combustion, ni échappement, qui sont tous de gros producteurs de bruit dans le cas des véhicules thermiques. Les moteurs électriques, les régulateurs et les ventilateurs des véhicules électriques sont en soi moins bruyants. D'après des recherches allemandes (5), le niveau sonore d'une voiture électrique est vraisemblablement de 10 dB (A) inférieur à celui d'une voiture thermique comparable lors de l'accélération du véhicule et de 3 dB(A) inférieur lorsque la voiture roule à une vitesse constante. La différence de bruit est dès lors nettement plus perceptible dans les encombrements que sur les autoroutes urbaines.

A3/2.3.4. Les véhicules thermiques deviendront plus silencieux sous la pression des groupes de défense de l'environnement et des réglementations qui en découlent. La réglementation communautaire antibruit prévoit qu'une réduction des bruits de moteur de 5 à 10 dB (A) est techniquement possible. Toutefois, d'après une étude effectuée aux USA (6), une réduction de 10 dB (A) augmenterait le coût des véhicules thermiques de 5 à 20 %, ce qui correspond à environ 1 % du produit intérieur bruit. Il ne s'agit là que d'une estimation, mais si elle venait à se vérifier et si la législation exigeait une telle réduction à l'avenir, l'handicap de coût dont souffrent actuellement les véhicules électriques serait atténué, voire éliminé.

#### A3/2.4. Bruit du trafic

A3/2.4.1. Les recherches effectuées dans de nombreux pays montrent que le bruit du trafic dépend essentiellement du nombre de poids lourds qui circulent. Des données recueillies aux USA (6) révèlent que bien que les voitures représentent plus de 90 % de l'ensemble du trafic urbain, elles ne contribuent qu'à raison d'un peu plus de la moitié au bruit total du trafic urbain. Par conséquent, une réduction du bruit des voitures ne serait guère perceptible à moins d'être accompagnée d'une réduction du bruit des camions.

Tableau 7.1.

## NIVEAU SONORE DES VEHICULES AUTOMOBILES ET CIRCULATION MIXTE

Niveau sonore transitoire médian enregistré  
à une distance de 50 pieds, dB (A) <sup>1</sup>

<u>Véhicule</u>	<u>Actuel</u>	<u>Après réglementation</u> <sup>2</sup>	<u>Pourcentage de la circulation urbaine</u>
Camions de fort tonnage	85	71	1,0
Camions de tonnage moyen	77	71	6,0
Autobus	79	75	0,5
Motocyclettes	82	78	1,0
Automobiles	65	A déterminer	91,5

Source : Rapport "Qualité de l'air, bruit et santé" de l'Interagency Task Force sur les caractéristiques des véhicules automobiles à partir de 1980, Ministère américain des Transports, TAD-443.1, Mars 1976. Tableaux 6-5 et 6-6.

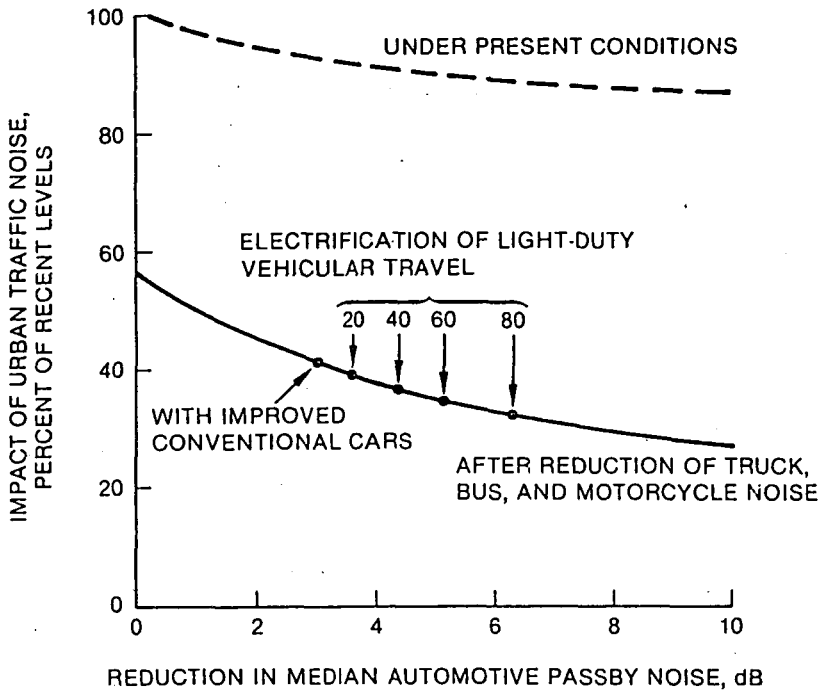
<sup>1</sup> Le "bruit de passage" ou transitoire médian des véhicules automobiles est exprimé par le niveau sonore pondéré-A (décibel) qui ordinairement varie considérablement avec le temps et est indiqué directement par les sonomètres standards. La pondération-A met en évidence les sons produits dans les fréquences moyennes auxquelles l'oreille humaine est le plus sensible. Dans les zones calmes, aux heures calmes de la journée, les niveaux de bruit pondérés-A peuvent descendre à 30-40 dB (A), tandis que dans les zones très bruyantes, ils peuvent dépasser 100 dB (A). Les niveaux identifiés sont des mesures composites qui reflètent le niveau moyen produit aux périodes de circulation à la vitesse de croisière ou en accélération qui caractérisent la circulation urbaine.

<sup>2</sup> Niveaux prévus en 1990.

A3/2.4.2. Une réglementation a été adoptée aux Etats-Unis afin de parvenir à une réduction du bruit des camions, des autobus et des motocycles. Le graphique 1 (tiré du document visé au point 7 de la bibliographie) illustre les niveaux de bruit avant et après l'entrée en vigueur de la réglementation, ainsi que la composition typique du trafic urbain. Ce graphique 1 montre les effets d'une réduction du bruit du véhicule en partant des niveaux de 1975. La ligne supérieure (en pointillés) montre qu'une réduction du bruit des voitures de l'ordre de 3 dB ne réduit le bruit total du trafic que d'environ 5 %. Cette réduction serait vraisemblablement imperceptible en dépit du très grand nombre de véhicules concernés. Même une réduction du bruit des voitures de l'ordre de 10 dB - qui serait probablement irréalisable dans la pratique - ne réduirait le bruit total du trafic que de 15 %. La ligne inférieure (en traits pleins) montre premièrement l'effet appréciable qu'aurait sur le bruit global du trafic une réduction du bruit du nombre relativement restreint de poids lourds. Deuxièmement, elle montre qu'à la suite de la réduction du bruit des camions, toute réduction ultérieure du bruit des voitures a des effets plus importants sur le bruit général du trafic que dans les conditions actuelles. Toujours d'après ces sources, après la prise d'effet de la réglementation sur la réduction du bruit des camions, des autobus et des motocycles, le bruit total serait ramené à 57 % du niveau de 1975, en supposant que le bruit des voitures reste inchangé. Les améliorations qu'il est prévu d'apporter aux voitures classiques ramèneraient le bruit total du trafic à 40 % du niveau de 1975. Le remplacement des voitures classiques par des voitures électriques ramènerait enfin le bruit total du trafic à 27 % du niveau de 1975 (dans cette hypothèse, toutes les voitures en circulation seraient électriques).

A3/2.4.3. En partant de ce modèle, on peut estimer que, lorsqu'il s'agit d'un trafic fluide composé à raison de 20 % de voitures et de 80 % de camions, l'effet d'une réduction du bruit des voitures de 5 dB(A) serait négligeable tant en trafic dense qu'en trafic clairsemé. Dans le cas d'un trafic composé à raison de 95 % de voitures et à raison de 5 % seulement de camions, la réduction de bruit serait d'environ 4,5 dB(A) - ce qui est appréciable - pour un trafic clairsemé de 200 véhicules par heure, mais les effets de cette réduction de bruit diminueraient avec l'augmentation de la densité du trafic. A une densité de 2.000 véhicules à l'heure, la réduction de bruit ne serait plus que de 3,5 dB(A) (cf. graphique 2).

FIGURE 1



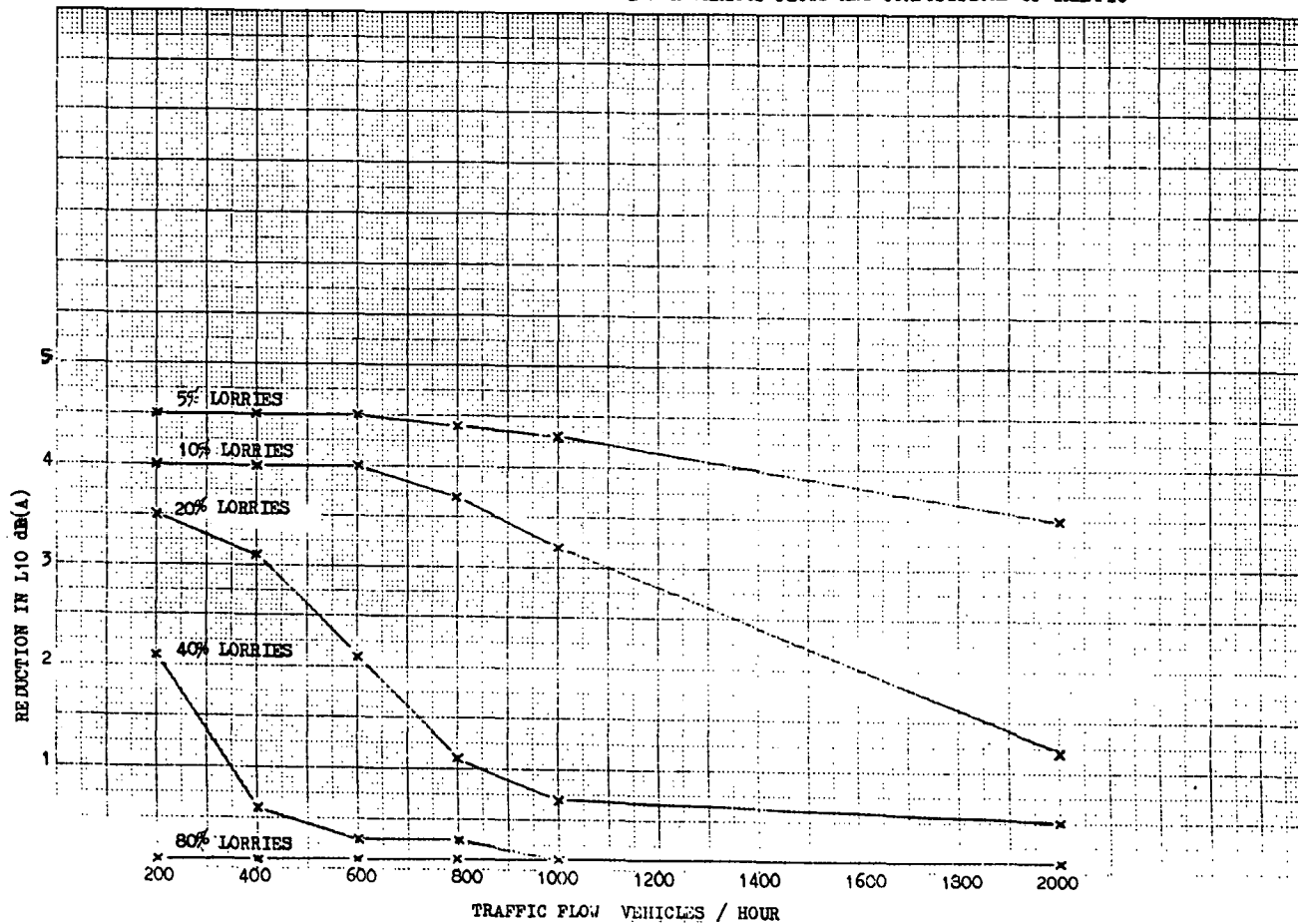
Source: W. Hamilton, *Electric Automobiles*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1979.

Assumptions: Noise standards for trucks, buses, and motorcycles are assumed to be in effect. Noise from sources other than transportation vehicles are assumed to remain constant. Data used to prepare this figure are for 1975. Improved conventional cars are expected to be about 3 dB quieter than present conventional cars. Electric cars are assumed to be 3.3 dB quieter than improved conventional cars.

Figure 7.7 Effects of Electric Cars on Urban Auto Noise and Traffic Noise Impact



FIGURE 2. REDUCTION IN TRAFFIC NOISE FOR VARIOUS FLOWS AND COMPOSITIONS OF TRAFFIC



A3/2.4.5. Plus le pourcentage de camions dans le trafic augmente, plus les avantages d'une réduction du bruit des voitures diminuent. Les effets se font sentir à deux niveaux. Non seulement les avantages diminuent à mesure que le pourcentage de camions dans le trafic augmente (de telle sorte qu'en présence de 80 % de camions et de 20 % de voitures, une réduction du bruit des voitures n'aurait aucun effet perceptible), mais les avantages diminuent aussi fortement avec la densité croissante du trafic, de sorte qu'avec un trafic de 2.000 véhicules à l'heure même composé à raison de 90 % par des voitures et à raison de 10 % seulement par des camions, les effets d'une réduction du bruit des voitures seraient à peine perceptibles.

A3/2.4.6. Ces données s'appliquent à un trafic fluide à des vitesses supérieures à 50 km/heure. Les véhicules électriques étant essentiellement des véhicules urbains, souvent, dans les cas les plus critiques, la circulation sera ralentie, voire stoppée. En cas d'encombrements (à des vitesses inférieures à 30 km/heure), le bruit du véhicule dépend essentiellement du moteur et de la transmission et est indépendant de la vitesse du véhicule. Dans ces conditions, non seulement le bruit du trafic dépend toujours du pourcentage de camions, mais les camions semblent occasionner plus de nuisances que ne le révèlent les mesures de bruit effectuées à Londres. D'après ces mesures, le désagrément qu'éprouvent subjectivement les habitants en raison du bruit correspond bien aux différents indices de bruit lorsque le trafic est fluide, mais moins bien lorsque les rues sont engorgées (9).

A3/2.4.7. Nous avons étendu le modèle de prévision du bruit, afin d'estimer les effets de la réduction du bruit d'une partie seulement des camions. Nous avons procédé de la sorte, parce qu'il faudra au moins 10 ans pour remplacer tous les véhicules bruyants par des véhicules plus silencieux. Le graphique 3 montre que la relation entre l'indice L10 et le pourcentage de camions silencieux est à peu près linéaire, lorsque le pourcentage de camions et le trafic sont tous deux faibles. Toutefois, lorsque le pourcentage de camions et le trafic total de véhicules sont tous deux élevés et que par conséquent, le nombre de camions est élevé, la relation n'est pas linéaire. Dès lors, si l'on entamait à présent un programme de réduction du bruit des camions étalé sur 10 ans, ce programme n'aurait que très peu d'effets sur le bruit du trafic jusqu'aux 2 ou 3 dernières années.

A3/2.4.8. Des études effectuées en Allemagne (2,5) arrivent à des résultats

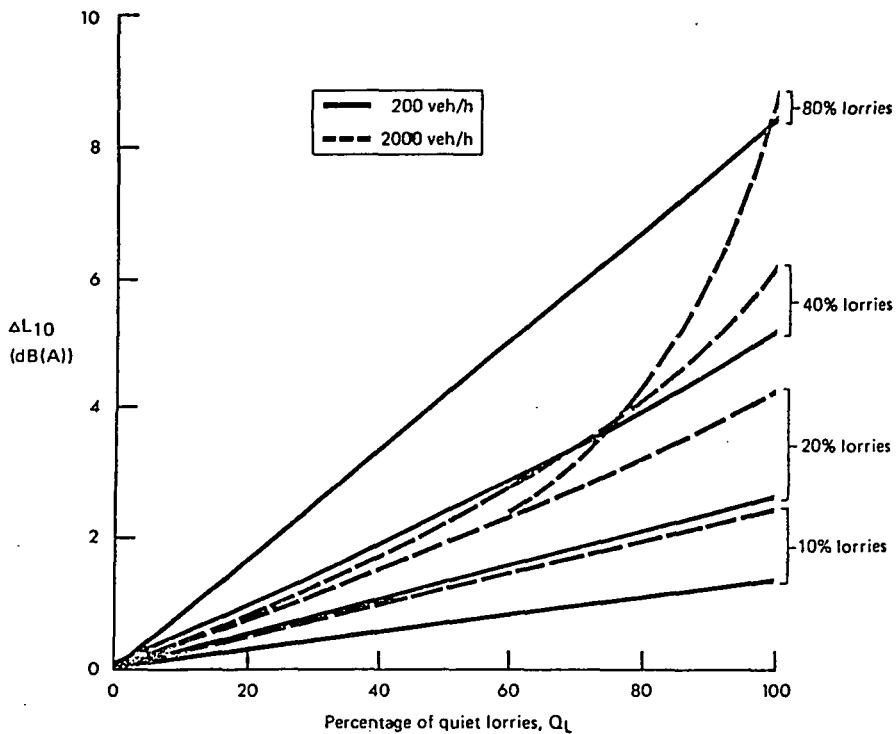


Fig. 3 REDUCTION IN  $L_{10}$  AS A FUNCTION OF THE PERCENTAGE QUIET LORRIES FOR VARIOUS FLOWS AND TOTAL LORRY COMPOSITIONS

(1519) Dd635247 750 9/74 HPLtd., So'ton G1915  
 PRINTED IN ENGLAND

similaires, à quelques différences près. En partant d'un modèle sans aucun camion dans le trafic, le remplacement de 25 % des véhicules thermiques par des véhicules électriques ne réduirait le niveau de bruit que de 1 dB(A), bien qu'il soit possible d'arriver à de meilleurs résultats dans des cas exceptionnels.

Pour réduire le niveau de bruit de 2 dB(A) – soit la plus petite modification perceptible – le pourcentage de remplacement devrait être de 37 %. Dans un trafic constitué de camions à raison de plus de 10 %, le niveau de bruit moyen est déterminé par les camions. Dans ce cas, on ne peut pas s'attendre à ce que les voitures électriques entraînent une réduction perceptible du bruit du trafic.

A3/2.4.9. Etant donné que les véhicules électriques sont de toute évidence plus silencieux que les véhicules thermiques en trafic urbain, le public a tendance à supposer que l'introduction des véhicules électriques réduira le bruit global du trafic, alors que cette supposition ne se vérifiera que si les véhicules électriques remplacent les poids lourds, ce qui est peu probable. Il est plus probable par contre que les véhicules électriques remplacent un certain nombre de voitures et de fourgonnettes, ce qui ne réduira pas le bruit global du trafic de façon appréciable tant que la plupart des camions ne sont pas plus silencieux. En d'autres termes, la contribution positive que peuvent apporter les véhicules électriques à la réduction du bruit du trafic dépend de l'existence préalable d'un programme de réduction du bruit des camions et notamment des poids lourds. Même dans ces conditions, tout porte à croire qu'il faudra une forte proportion de véhicules électriques dans le parc global de véhicules avant que les effets ne soient appréciables.

### A3/2.5. Conclusions

A3/2.5.1. Le bruit du trafic routier est un véritable fléau. A première vue, les véhicules électriques semblent être un bon moyen de réduire ce type de nuisances. Le désagrément causé par le bruit du trafic est toutefois hautement subjectif et varie d'une personne à l'autre et d'un moment à l'autre. Les recherches effectuées en la matière ne sont pas très nombreuses, mais les résultats vont dans le sens des conclusions ci-après.

A3/2.5.2. Le bruit du moteur prédomine en trafic urbain lent à l'exception des autoroutes urbaines. On peut s'attendre à ce que les pressions du public

et du corps législatif en vue de réduire le bruit du moteur se poursuivent et s'accroissent. Les véhicules thermiques deviendront dès lors plus silencieux mais à un coût qui risque d'être élevé. Les véhicules électriques sont plus silencieux par nature mais coûteux par ailleurs, la réglementation anti-bruit pourrait aider les véhicules électriques à concurrencer les véhicules classiques sur le plan des coûts.

A3/2.5.3. Le bruit du trafic dépend essentiellement des véhicules lourds (camions). La réduction du bruit des véhicules légers (voitures) sera imperceptible tant que le bruit d'une grande partie des camions n'aura pas été atténué, ce qui prendra un certain nombre d'années (même alors, il n'est pas certain que les véhicules électriques auront des effets appréciables, bien que les études effectuées aux USA, AU Royaume-Uni et en république fédérale d'Allemagne divergent sur ce point). Prétendre entre temps que l'introduction massive des véhicules électriques réduirait le bruit du trafic serait prématuré.

#### BIBLIOGRAPHIE

- (1) European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions 1983. Report n° EF/83/26/EN. "A European study of commuting and its consequences".
- (2) Umwelt-Systeme Gesellschaft bmH (USG). Elektroverkehr in der Stadt, ein Beitrag zur Lösung der Lärm- und Abgasprobleme.
- (3) Langdon, F J and Griffiths, I D 1982. Journal of Sound and Vibration 83 (2). 171 - 180. "Subjective effects of traffic noise exposure, II".
- (4) Transport and Road Research Laboratory, 1974. Report number 652. "Rolling noise and vehicle noise".
- (5) Forschung Stadtverkehr, Sonderheft 32, 1983. Section 4.3.2.2. "The Impact of EVs on Road Traffic Noise".
- (6) Background Paper N° 1 to a report on synthetic fuels for transport: "The Future potential of electric and hybrid vehicles". Office of Technology Assessment, US Congress 1982. Written by General Research Corporation.
- (7) U S Department of Transportation 1976. Report number TAD - 443.1. "Air quality, noise and health".

- (8) Transport and Road Research Laboratory 1974. Report number 624.  
"Estimates of the reduction of traffic noise following the introduction of quieter vehicles".
- (9) Building Research Establishment 1977. Current paper number 10/77.  
"The effects of road traffic noise in residential areas".

ANNEXE 5/1

<u>Véhicules</u>	<u>Berline</u>	<u>Fourgonnette</u>	<u>Camionnette</u>
1. Poids à vide (sans batterie) (kg)	800-900	> 1000	> 1500
2. Energie accumulée dans la batterie (kWh)	> 10	>15	> 30
3. Charge utile ou capacité de charge (kg)	350	400-500	> 1000
	4 places	2 places	3 places
	> 200 ltr.	>2m3	> 7m3
4. Consommation			
DC 80 + 80 x P (Wh/km)	< 190	< 210	< 400
5. AC 150+100xP (Wh/km)	< 300	< 350	< 600
6. Vitesse maximale (km/h)	10-90	10-90	60-80
7. Accélération de 0 à 50 km/h (sec)	< 12	< 15	< 18
8. Puissance de propulsion			
Puissance nominale (kW)	> 10	> 15	> 40
Puissance continue (kW)	20-25	> 30	> 60
9. Chargeur (kW)	2-3	3-4	5-6
10. Tension nominale probable de la batterie en volts	96	96-144	144-216

COST 302

Evaluation des données et des coûts de différents systèmes  
de propulsion électrique pour véhicules routiers

Introduction

Lors de sa réunion à Bruxelles le 5 septembre 1985, le sous-groupe "advanced propulsion systems" est convenu de charger les pays participants de procéder à différentes évaluations des données et des coûts de trois véhicules routiers de référence. Etant donné qu'il existe, du point de vue de la conception, différents systèmes de propulsion et qu'une évaluation des coûts s'avère dès lors difficile, chaque participant ne peut, pour des raisons de temps et d'ordre technique, travailler que sur les systèmes où il possède une certaine expérience. De plus, la plupart des participants sont des chercheurs et non des fabricants, de sorte que les chiffres provenant de ces rapports doivent être interprétés avec prudence. Pour pouvoir tenir compte de cette situation, chaque participant doit, à côté de son domaine spécialisé, procéder en outre à l'évaluation d'une chaîne de propulsion à courant continu. Les différentes évaluations réalisées de cette façon permettront de tirer des conclusions significatives.



## Evaluation

Le délégué suisse est chargé de procéder aux évaluations pour les trois véhicules suivants :

- berline
- fourgonnette
- camionnette

Pour ces trois véhicules, les variantes suivantes doivent être envisagées :

Système de propulsion par courant continu avec récupération de l'énergie de freinage

---

- a) Variante à entraînement direct
- b) Variante à changement de vitesse

Système de propulsion par courant alternatif avec récupération de l'énergie de freinage

---

- a) Variante à entraînement direct
- b) Variante à changement de vitesse

## Prix et bases de calcul

### Moteurs :

Les prix des moteurs ont été communiqués par la firme GEHRIG à BALLWIL. Cette firme a une grande expérience dans la fabrication de moteurs pour véhicules électriques; elle a notamment fabriqué le moteur du fourgon des PTT dans le cadre de l'action COST 302.

### Electronique :

Une firme qui met au point des systèmes de propulsion à transistors et à thyristors, m'a communiqué les données ci-après pour le calcul des prix.

Coût du matériel	57 %
Charges salariales	33 %
Frais de commande, contrôle à la réception	
Frais de stockage	10 %
	<hr/>
Frais de fabrication	100 %

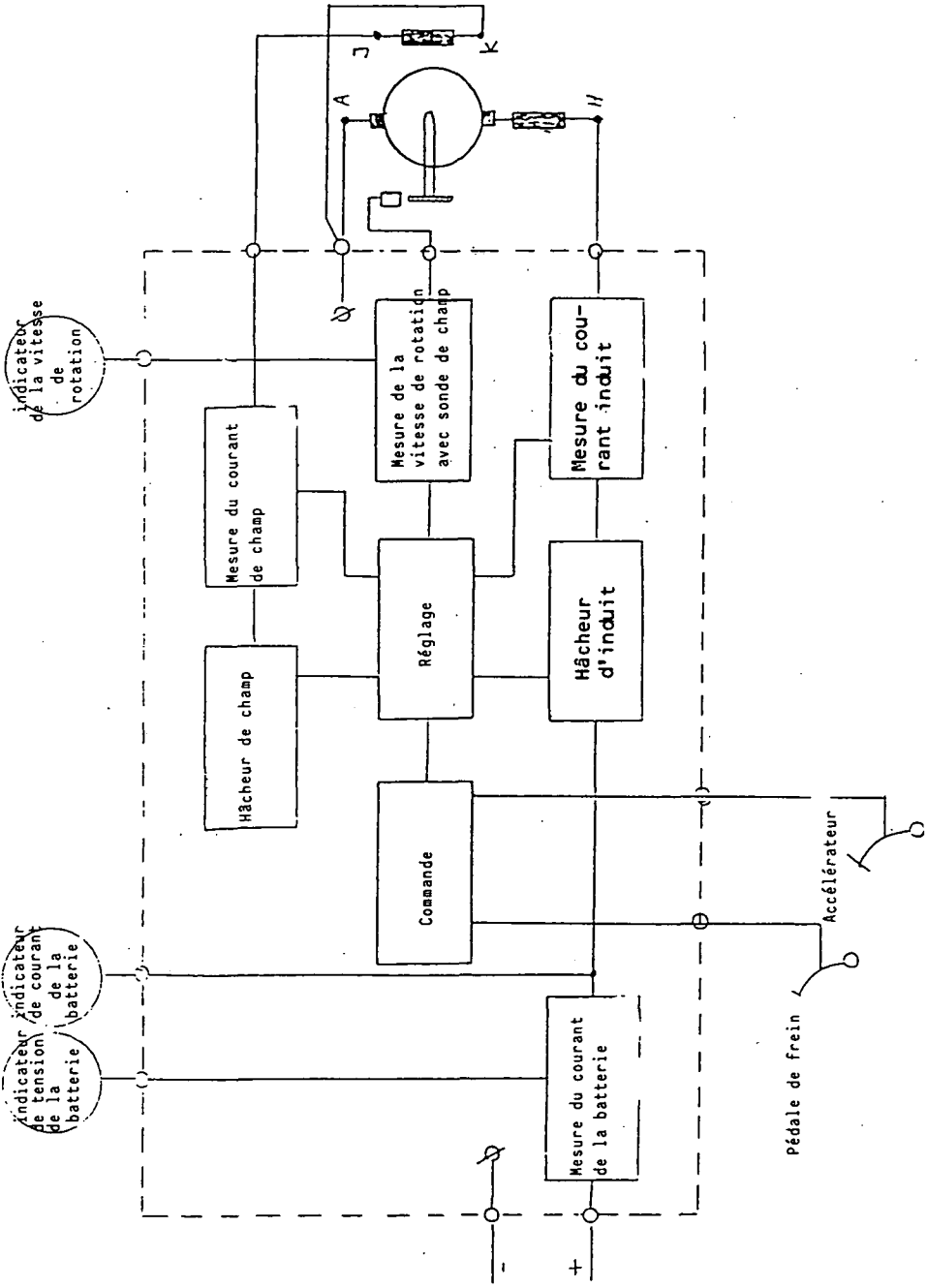
Ces frais de fabrication sont multipliés par le coefficient 1,44 pour la fabrication en série de 100 unités.

Les frais de développement et le faible bénéfice sont compris dans ce coefficient de 1,44.

L'impôt sur le chiffre d'affaires n'est pas pris en considération dans le calcul du prix.

Transmission :

Les prix des différentes transmissions m'ont été communiqués par M. BRUSAGLINO.



Système de propulsion à courant continu,  
cas d'une berline  
-----

(pour 100 unités)

Moteur :

Moteur à courant continu avec excitation  
séparée et affaiblissement du champ de 1/2,5

Fr. 5 350,--  
-----

Electronique :

Matériel

Puissance :

(transistors de puissance, radiateur,  
ventilateurs)

Fr. 719,--

(Excitation de base)

Fr. 105,--

(Alimentations auxiliaires)

Fr. 61,--

Commande et réglage :

(Sondes de courant et appareil de mesure  
du courant, logique de commande, régulateur,  
dispositif de sécurité)

Fr. 383,--

Divers :

(Boîtier électronique, fiches et prises,  
poteniomètres d'accélération et de freinage)

Fr. 532,--

TOTAL frais de matériel :

Fr. 1 800,--  
-----

Frais de fabrication

Frais de matériel / 0,57

Fr. 3 158,--

Coefficient applicable à la fabrication  
en petites séries

Frais de fabrication x 1,44 : Prix de l'électronique

Fr. 4 547,--  
-----

Poids de l'électronique : ~ 13 kg

Rendement de l'électronique : ~ 0,98

Transmission

- à vitesse constante

Fr.  
-----

- à vitesse variable

Fr.  
-----

Coût du système de propulsion à vitesse constante

Fr.  
-----

Coût du système à vitesse variable

Fr.

Système de propulsion à courant continu,  
cas d'une fourgonnette (pour 100 unités)

Moteur :

Moteur à courant continu avec excitation  
séparée et affaiblissement du champ de 1/2,5 Fr. 5 840,--

Electronique :

Matériel

Puissance :  
(transistors de puissance, radiateur, ventilateur) Fr. 883,--  
(Excitation de base) Fr. 105,--  
(Alimentations auxiliaires) Fr. 61,--

Commande et réglage :  
(Sondes de courant et appareil de mesure de  
courant, logique de commande, régulateur,  
dispositif de sécurité) Fr. 383,--

Divers :  
(Boîtier électronique, fiches et prises,  
potentiomètres d'accélération et de freinage) Fr. 552,--

TOTAL frais de matériel Fr. 1 984,--

Frais de fabrication

Frais de matériel / 0,57 Fr. 3 480,--

Coefficient applicable à la fabrication en petites séries

Frais de fabrication x 1,44 : Prix de l'électronique Fr. 5 012,--

Poids de l'électronique : ~ 15 kg  
Rendement de l'électronique : ~ 0,98

Transmission:

- à vitesse constante Fr. \_\_\_\_\_

- à vitesse variable Fr. \_\_\_\_\_

Coût du système de propulsion à vitesse constante Fr. \_\_\_\_\_

Coût du système de propulsion à vitesse variable Fr. \_\_\_\_\_

Système de propulsion à courant continu,  
cas d'une camionnette

(pour 100 unités)

Moteur :

Moteur à courant continu avec excitation  
séparée et affaiblissement du champ de 1/2,5

Fr. 8 220,--  
-----

Electronique :

Matériel :

Puissance :

(Transistors de puissance, radiateur, ventilateurs) Fr. 1 075,--  
(Excitation de base) Fr. 120,--  
(Alimentations auxiliaires) Fr. 85,--

Commande et réglage :

(Sondes de courant et appareil de mesure du  
courant, logique de commande, régulateur,  
dispositif de sécurité) Fr. 383,--

Divers :

(Boîtier électronique, fiches et prises,  
potentiomètres d'accélération et de freinage) Fr. 670,--

TOTAL frais de matériel : Fr. 2 333,--

Frais de fabrication

Frais de matériel / 0,57 Fr. 4 093,--

Coefficient applicable à la fabrication en petites séries

Frais de fabrication x 1,44 : Prix de l'électronique Fr. 5 894,--  
-----

Poids de l'électronique : ~ 20 kg

Rendement de l'électronique : ~ 0,98

Transmission

- à vitesse constante

Fr. -----

- à vitesse variable

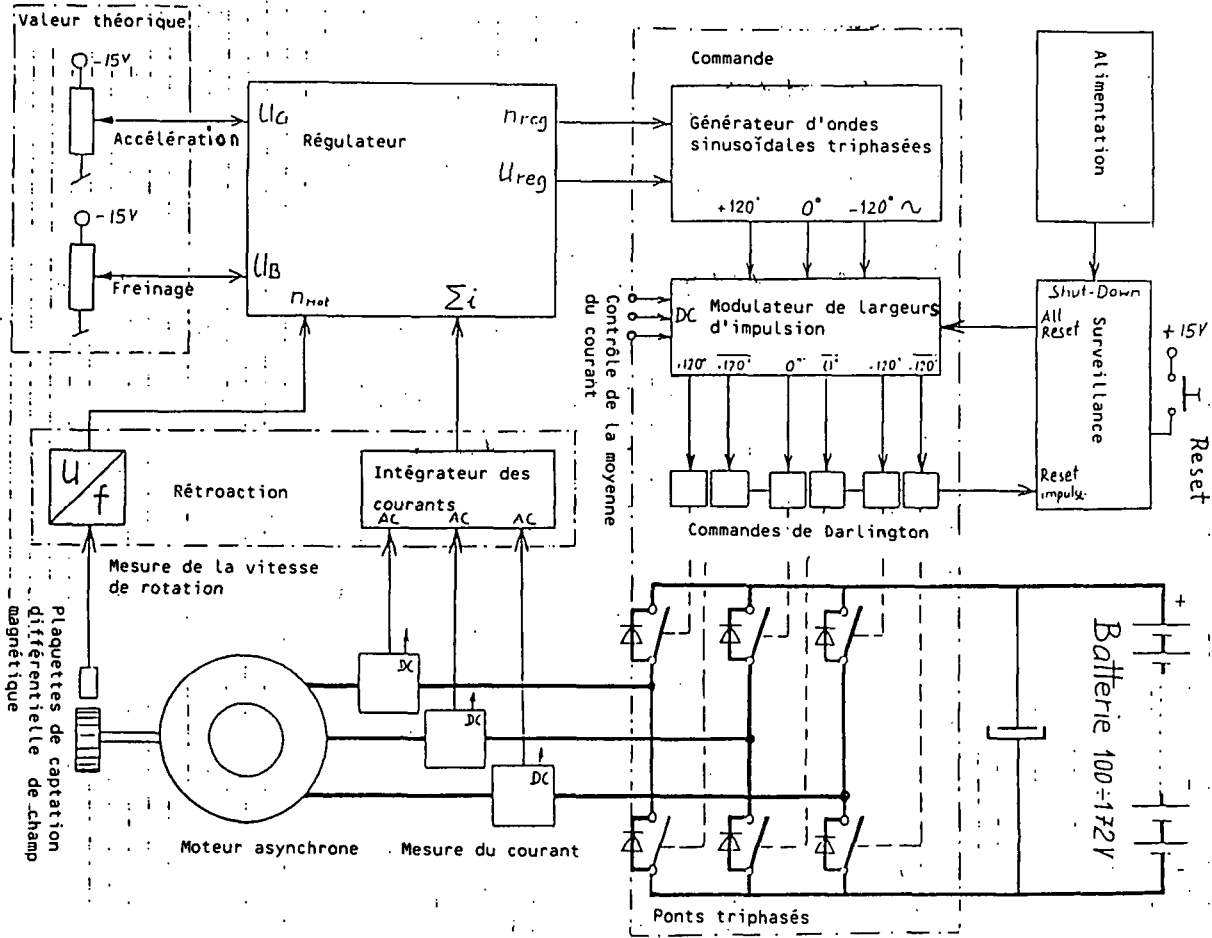
Fr. -----

Coût du système à vitesse constante

Fr. -----

Coût du système à vitesse variable

Fr. -----



2.1. Schéma du système

Système de propulsion à courant alternatif,  
cas d'une berline (pour 100 unités)

-----

Moteur :

Moteur asynchrone avec rotor spécial et  
carter standard à refroidissement extérieur Fr. 1 000,--  
-----

Electronique :

Matériel :

Puissance :  
(Transistors de puissance, radiateur, ventilateurs) Fr. 1 415,--  
(Excitation de base) Fr. 460,--  
(Alimentations auxiliaires) Fr. 133,--

Commande et réglage :  
(Sondes de courant et appareil de mesure du  
courant, logique de commande, régulateur,  
dispositif de sécurité) Fr. 380,--

Divers :  
(Boîtier électronique, fiches et prises,  
potentiomètres d'accélération et de freinage) Fr. 552,--  
-----

TOTAL frais de matériel : Fr. 2 940,--

Frais de fabrication :

Frais de matériel / 0,57 Fr. 5 158,--

Coefficient applicable à la fabrication en petites séries

Frais de fabrication x 1,44 : Prix de l'électronique : Fr. 7 427,--  
-----

Poids de l'électronique : ~ 22 kg  
Rendement de l'électronique : ~ 0,96

Transmission :

- à vitesse constante Fr. -----  
- à vitesse variable Fr. -----

Coût du système de propulsion à vitesse constante Fr. -----

Coût du système de propulsion à vitesse variable Fr. -----  
-----



Système de propulsion à courant alternatif,  
cas d'une fourgonnette (pour 100 unités)  
-----

Moteur :

Moteur asynchrone avec rotor spécial et carter  
standard à refroidissement extérieur Fr. 1 600,--  
-----

Electronique :

Matériel :

Puissance :  
(Transistors de puissance, radiateur, ventilateurs) Fr. 1 930,--  
(Excitation de base) Fr. 395,--  
(Alimentations auxiliaires) Fr. 147,--

Commande et réglage :  
(Sondes de courant et appareil de mesure du  
courant, logique de commande, régulateur,  
dispositif de sécurité) Fr. 378,--

Divers :  
(Boîtier électronique, fiches et prises,  
potentiomètres d'accélération et de freinage) Fr. 570,--  
-----

TOTAL frais de matériel : Fr. 3 420,--

Frais de fabrication :

Frais de matériel / 0,57 Fr. 6 000,--

Coefficient applicable à la fabrication en petites séries

Frais de fabrication x 1,44 Prix de l'électronique: Fr. 8 640,--  
-----

Poids de l'électronique : ~ 25 kg  
Rendement de l'électronique : ~ 0,96

Transmission :

- à vitesse constante Fr. \_\_\_\_\_

- à vitesse variable Fr. \_\_\_\_\_  
-----

Coût du système de propulsion à vitesse constante Fr. \_\_\_\_\_  
-----

Coût du système de propulsion à vitesse variable Fr. \_\_\_\_\_  
-----

Système de propulsion à courant alternatif,  
cas d'une camionnette

(pour 100 unités)

Moteur :

Moteur asynchrone avec rotor spécial et  
carter standard à refroidissement extérieur

Fr. 2 220,--  
-----

Electronique :

Matériel :

Puissance :

(Transistors de puissance, radiateur, ventilateurs)  
(Excitation de base)  
(Alimentations auxiliaires)

Fr. 2 482,--  
Fr. 474,--  
Fr. 161,--

Commande et réglage :

(Sondes de courant et appareil de mesure du  
courant, logique de commande, régulateur,  
dispositif de sécurité)

Fr. 378,--

Divers :

(Boîtier électronique, fiches et prises,  
potentiomètres d'accélération et de freinage)

Fr. 620,--  
-----

TOTAL frais de matériel :

Fr. 4 115,--

Frais de fabrication :

Frais de matériel / 0,57

Fr. 7 219,--

Coefficient applicable à la fabrication en petites séries

Frais de fabrication x 1,44 Prix de l'électronique

Fr. 10 395,--  
-----

Poids de l'électronique : ~ 33 kg

Rendement de l'électronique : ~0,96

Transmission :

- à vitesse constante

Fr.  
-----

- à vitesse variable

Fr.  
-----

Coût du système de propulsion à vitesse constante

Fr.  
-----

Coût du système de propulsion à vitesse variable

Fr.  
-----

Conclusions :

-----

Il ressort de l'évaluation que la variante courant alternatif est un peu moins chère pour les trois véhicules. Cette différence de coût est due à l'utilisation de transistors de puissance qui présentent de bonnes caractéristiques et dont le montage du boîtier est plus économique. Dans le cas d'une fabrication en plus grandes séries, on pourrait procéder à l'intégration des transistors de puissance, ce qui réduirait les coûts de fabrication. Etant donné que le moteur ne possède pas de balais dans la variante courant alternatif (ce qui élimine le facteur d'usure et donc les frais d'entretien), la préférence doit être accordée à la variante courant alternatif lors de l'équipement des véhicules.

Biel, le 4.1.1986

ETUDE DES SYSTEMES DE PROPULSION DESTINES A DES VEHICULES A ACCUMULATEUR  
ELECTRIQUE

Comparaison spécifique des systèmes de propulsion à moteur synchrone et à moteur à courant continu pour un usage dans trois types de véhicules de puissance

0) Introduction

La présente étude a pour but de comparer le rendement et les dépenses en matériel prévisibles pour l'utilisation d'un système de propulsion à moteur synchrone dans différents types de véhicules, la base de référence étant un moteur équivalent à courant continu équipé de hâcheurs à thyristor.

Adoptées le 6 septembre 1985 lors de la dernière réunion du comité COST 302, les valeurs limites sur lesquelles se fonde cette comparaison sont présentées, au complet, au tableau: 1.

Les résultats présentés ci-dessous devraient permettre de juger le rendement que l'on peut escompter tant pour le moteur synchrone que pour le moteur à courant continu. Un autre paragraphe présentera une liste des composants des moteurs des trois types de véhicules ainsi que leur coût.

1. Méthode de calcul de rendement

Le moteur synchrone peut être utilisé avec tension induite aussi bien qu'avec courant induit. Il avait été initialement prévu, pour la comparaison envisagée ici, de ne considérer que le système à courant induit. Cependant, sur la base de résultats maintenant disponibles, il nous est possible de présenter également des données sur le rendement des moteurs à tension induite, ces résultats ayant été étendus à la propulsion par moteur synchrone à excitation continue.

Il a été procédé, pour les besoins de la présente étude, à une simulation du calcul de rendement en valeur spécifique, dont les résultats se rapportent à tous les types de véhicules considérés ici, le rendement étant calculé par rapport au nombre de tours et au couple.

Lors de la réunion du 6 septembre, il a été décidé que l'étude incluerait l'effet de la boîte de vitesse sur le rendement, calculé sur la base de deux points de charge spécifiques. Dans notre présentation, cette indication peut être donnée indépendamment du rapport de transmission des vitesses choisi: en effet, une boîte de vitesse donnée n'entraîne qu'un déplacement du point de travail dans le diagramme  $mn$ , et l'on peut, par conséquent, calculer l'effet de la boîte de vitesse sur le rendement, comme fonction du couple  $m$  et du nombre de tours  $n$ .

Le rendement est indiqué ici par rapport au couple  $m$  pour six nombres de tours,  $m$  variant entre  $-2m_N$  et  $+2m_N$  ( $m_N$  = couple nominal).

Le calcul du rendement a été fait sur le même moteur pour le convertisseur à courant induit et celui à tension induite.

## 2. Brève présentation des systèmes de propulsion

Les deux systèmes de propulsion, à savoir celui à courant induit et celui à tension induite, sont représentés dans la figure 2 dans leur forme techniquement réalisable aujourd'hui. Cette présentation utilise essentiellement la technique du transistor, grâce à laquelle nous disposons actuellement de composantes de puissance à même de satisfaire les besoins en courant et tension du véhicule à accumulateur d'énergie, même pour la variante 60 KW. Pour des caractéristiques techniques supposées connues, la différence entre les deux systèmes de propulsion doit être analysée sous l'angle du coût des composantes de puissance et de leur système de commande.

Dans le système de propulsion à convertisseur à courant induit, le convertisseur est relativement facile à construire, les thyristors de l'onduleur pouvant être amorcés par simple transformation d'impulsions. Par contre, le système de commande de cette variante est plus complexe, mais le problème du coût trouve, dans l'utilisation des microprocesseurs, une solution satisfaisante. La connaissance précise de la position du rotor, nécessaire au fonctionnement sûr de ce moteur, pose un problème technique aujourd'hui encore difficile à résoudre et suppose l'existence d'un indicateur de position sur l'arbre de transmission.

Par contre, dans le moteur à onduleur à transistor, le système de commande est assez simple, car il ne requiert qu'une information sur le nombre de tours. Mais dans ce moteur, c'est l'onduleur qui s'avère être de construction complexe, le potentiomètre devant ici être relié à six transistors avec leur puissance de base respective.

## 3. Analyse comparative des systèmes de propulsion

Le tableau 3 donne, pour les deux systèmes de propulsion et les trois types de véhicules, une vue d'ensemble des valeurs électriques. Pour le moteur à courant continu, l'on pose un facteur d'affaiblissement du champ  $F$  (= rapport du nombre de tours maximal au nombre de tours au point nominal) de  $F = 3$ .

Pour le système de propulsion à moteur synchrone, le facteur d'affaiblissement du champ est de  $F = 2$ . Nous sommes d'avis que le moteur synchrone devrait être équipé d'une boîte à deux vitesses car, étant donné la pulsation du couple, ce serait la seule solution pour parvenir à couple de démarrage élevé. Dans ces conditions, on peut partir de l'hypothèse  $F = 2$ . Par contre, le moteur à courant continu permet d'atteindre un couple de démarrage très élevé sans boîte de vitesse; toutefois, une boîte de vitesse permet d'en augmenter le rendement. Les valeurs indiquées dans le tableau 3 pour chacun des six moteurs sont à la base de la comparaison des coûts présentée au point 5.

#### 4. Comparaison du rendement des systèmes de propulsion

La simulation effectuée sur les systèmes de propulsion fait entrer en jeu presque toutes les pertes prévisibles. Pour le moteur à courant continu, il s'agit des pertes dues au fer, au cuivre et de la tension à l'état passant résultant des balais. Les pertes dans le hâcheur sont composées de pertes de tension à l'état passant et des pertes au commutateur. Dans l'examen du système de propulsion à moteur synchrone, l'on prend également en considération les pertes enregistrées au moteur (pertes chimiques et dues au fer et pertes dans l'oscillation harmonique), ainsi que les pertes enregistrées dans le commutateur (pertes chimiques à la bobine, pertes à l'état passant dans l'onduleur et dans le hâcheur à transistors, pertes dues à la commutation). Pour l'étude du système de propulsion avec onduleur à transistor, on le fait fonctionner avec le même modèle de moteur. Comme dans le hâcheur à transistors, les pertes enregistrées dans l'onduleur se divisent entre les pertes à l'état passant et de commutation et les pertes à la commande de base.

Pour les besoins de la simulation, le comportement en service des différents systèmes de propulsion est déterminé par calcul préalable et sert de base pour le calcul de l'ensemble des pertes survenant dans chacun des systèmes. Dans la figure 4, le rendement de propulsion du moteur à courant continu est fonction du couple de rotation  $m$  et du nombre de tours  $n$ . Le rendement du moteur diminue fortement lorsque le nombre de tours est bas et aussi lorsqu'il est élevé, du fait de l'affaiblissement important du champ. La figure 5 représente le rendement de propulsion du moteur synchrone avec convertisseur à courant induit. Le rendement est, en moyenne, de 3 à 5 % supérieur à celui du système de propulsion à moteur à courant continu, ce résultat étant surtout attribuable au meilleur rendement du moteur lui-même.

Quant au rendement du système de propulsion équipé d'un convertisseur à tension induite, représenté à la figure 6, il est supérieur à celui utilisant un convertisseur à courant induit, du fait que le moteur peut être utilisé avec un  $\cos \phi$  optimal, c'est-à-dire sans puissance déwattée, dans toute la zone nombre de tours-couple de rotation. La figure 7 représente le rendement du système de propulsion à moteur synchrone à excitation continue, mesuré à l'onduleur transistor et fait ressortir que, du fait de l'excitation, le moteur fonctionnant à charge réduite enregistre une forte puissance déwattée. Le rendement, peu satisfaisant à charge réduite, augmente constamment jusqu'à atteindre un point de fonctionnement avec un  $\cos \phi$  presque optimal, correspondant alors au fonctionnement optimal présenté à la figure 6.

##### 5. Estimation des composantes nécessaires et des coûts prévisibles pour les différents systèmes de propulsion

La comparaison présentée ci-dessous ne porte que sur les composantes du mutateur à courant induit dans le système de propulsion à moteur synchrone, ainsi que sur celles du hâcheur conventionnel à thyristor dans le moteur à courant continu. La comparaison des coûts avec le mutateur à tension induite du moteur synchrone doit être fournie ultérieurement par M. BRUSAGLINO (Italie).

Les caractéristiques des moteurs reprises au tableau 3 permettent une estimation comparative des six systèmes de propulsion. Ces moteurs étant de puissance différente, des composantes différentes devraient entrer dans l'électronique de puissance alors que l'unité électronique de commande devrait être identique dans chacun des systèmes de propulsion.

Comme le fait ressortir le tableau 8, le coût des composantes électriques et électroniques entrant dans le système de propulsion à moteur à courant continu est inférieur à celui du système à moteur sans balais. Grâce au microprocesseur, le système de commande complet peut être réduit à deux platines (format 100 x 160) qui coûtent, à l'achat, environ 120 DM (prix du matériel).

Le moteur sans balais requiert, quant à lui, toute une série de composantes supplémentaires. La bobine constitue ici une composante onéreuse, car, dans les cas des moteurs concernés (par exemple pour celui allant jusqu'à 60 KW), elle doit être conçue pour une puissance élevée. De ce fait, ce moteur se trouve désavantagé aussi bien par le volume que par le prix de la bobine. L'onduleur peut être construit sous forme de module et le développement actuel laisse prévoir qu'il gardera, à l'avenir, sa présentation de composante finie. Il ne représente dans ce cas qu'un facteur de coût négligeable.

Les systèmes de propulsion à moteur synchrone sont prévus avec une boîte à deux vitesses (coût supplémentaire : env. 300 DM), tandis que les systèmes de propulsion à moteur à courant continu sont présentés sans boîte de vitesses.

Les coûts indiqués correspondent aux prix actuels, pour autant qu'ils soient connus, pour l'achat de 100 unités, ces prix s'élevant alors à 65 % du prix d'achat unitaire. C'est ce pourcentage qui a été appliqué lorsque l'on ne disposait que du prix unitaire (par exemple pour les semi-conducteurs de puissance).

## 6. Résumé

Le but de la présente étude est de fournir des renseignements d'ordre général sur le rendement et le coût des systèmes de propulsion à moteur à courant continu et à moteur synchrone. L'on peut dire, dans l'ensemble, que le système de propulsion à moteur synchrone laisse escompter, du fait du moteur, un meilleur rendement que le système de propulsion à moteur à courant continu. Par contre, le coût des composantes de puissance du moteur synchrone est très élevé, si bien que son prix devrait être supérieur à celui du système conventionnel avec moteur à courant continu. En outre, le système de propulsion à moteur synchrone exige des mesures supplémentaires pour un fonctionnement sûr, ce qui laisse prévoir une unité de commande complexe et de plus grande dimension, qui, elle aussi, serait plus coûteuse que celle du moteur à courant triphasé.



CARACTERISTIQUES MOYENNES DE CHAQUE TYPE DE VEHICULE  
ELECTRIQUE CONSIDERE EN 1982 ET  
AVEC BATTERIE PLOMB-ACIDE

	<u>Berline</u>	<u>Fourgonnette</u>	<u>Camionnette</u>
0/ Véhicules	1	2	3
1/ Poids à vide (sans batterie) (kg)	800-900	± 1 000	± 1 500
2/ Energie accumulée dans la batterie (kWh)	± 10	± 15	± 30
3/ Charge utile ou volume (kg) utile	350 4 places + 200 lit.	400-500 2 places + 2m <sup>3</sup>	± 1 000 3 places + 7 m <sup>3</sup>
4/ Consommation DC 80 + 80 x P Wh/km	≤ 190	≤ 210	≤ 400
5/ AC 150 + 100 x P Wh/km	≤ 300	≤ 350	≤ 600
6/ Vitesse maximum (km/h)	70-90	70-90	60-80
7/ Accélération 0 - 50 km/h (sec)	≤ 12	≤ 15	≤ 18
8/ Puissance moteur nom. (kW)	± 10	± 15	± 40
max. (kW)	20-25	± 30	± 60
9/ Chargeur (kW)	2-3	3-4	5-6
Tension nominale probable de la batterie	96	96-144	144-216

Figure 1 : Poids et puissances des véhicules pris comme référence pour la présente étude.

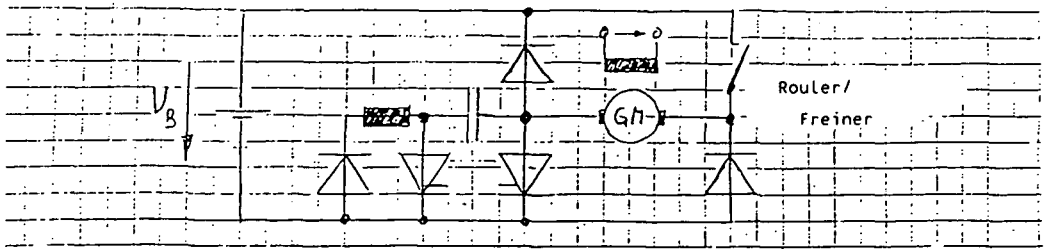


Figure 2 A : Système de propulsion à moteur à courant continu  
(système de base)

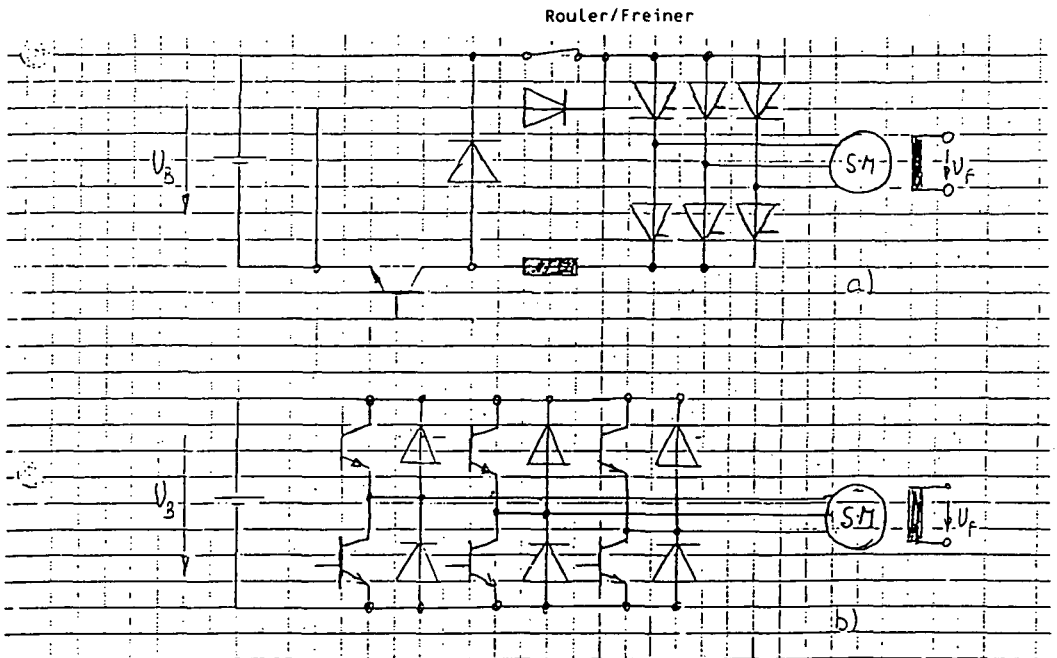


Figure 2 B : Système de propulsion à moteur synchrone

- a) Moteur avec mutateur à courant induit (moteur sans balais)
- b) Moteur avec mutateur à tension induite (moteur synchrone à onduleur à impulsion)

	GM 1	GM 2	GM 3	SM 1	SM 2	SM 3
Poids total (kg)	1 550	2 000	3 500	1 550	2 000	3 500
Puissance/Puissance maximale (kW)	10/25	15/30	30/55**	10/27	15/30	30/57
Nombre de tours nominal(min -1)	2 200	2 200	2 200	3 000	3 000	3 000
Nombre de tours max.(min-1)	6 600	6 600	6 600	6 000	6 000	6 000
Transmission des vitesses	8,65	8,65	9,73	7,86	7,86	8,85
Moment maximum du moteur (Nm)	108	130	238	86	96	182
Tension nominale (V)	80	93	177	38(U <sub>N</sub> )	43	80
Courant maximum (DC) (A)	312	320A	310A	320*	320*	320*
Tension de l'accumulateur	96V	108	204	96	108	204

\* Valeur limite supposée

\*\* Différent du tableau 1

NOTE : La tension du moteur est calculée pour 0,870 valeur nominale de la batterie . Dans le dimensionnement du moteur synchrone, l'influence des angles de commutation a été négligée.

Tableau 3 : Données d'évaluation du moteur à courant continu et du moteur synchrone avec mutateur à courant appliqué.

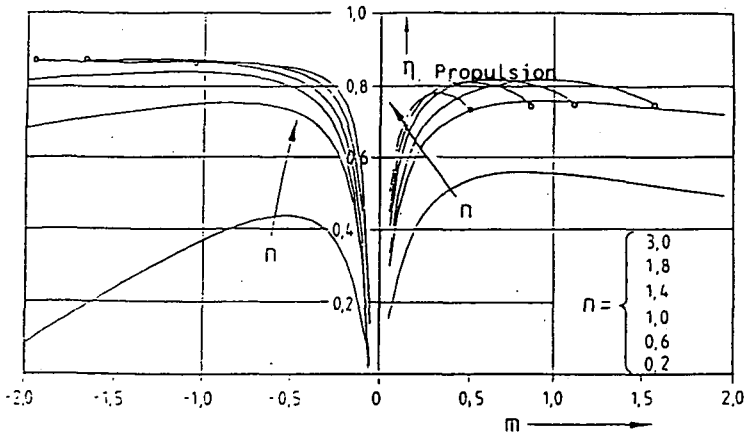


Figure 4 : Rendement de propulsion du système à moteur à courant continu (valeurs du tableau 3)

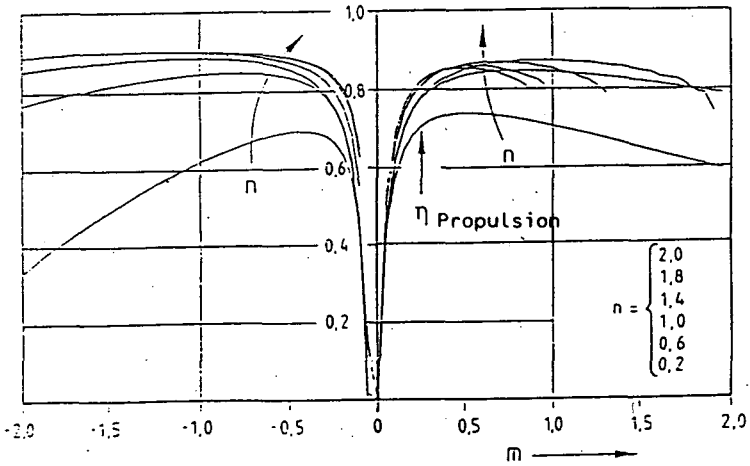


Figure 5 : Rendement de propulsion du système à moteur synchrone et mutateur à courant induit.

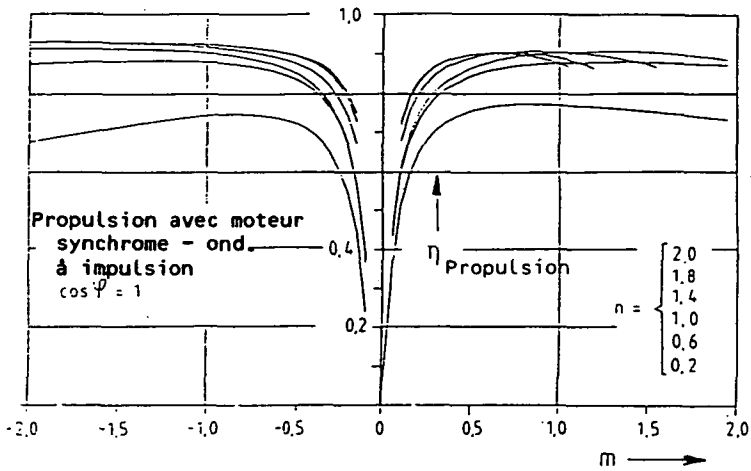


Figure 6 : Rendement de propulsion du système à moteur synchrone avec onduleur à impulsion

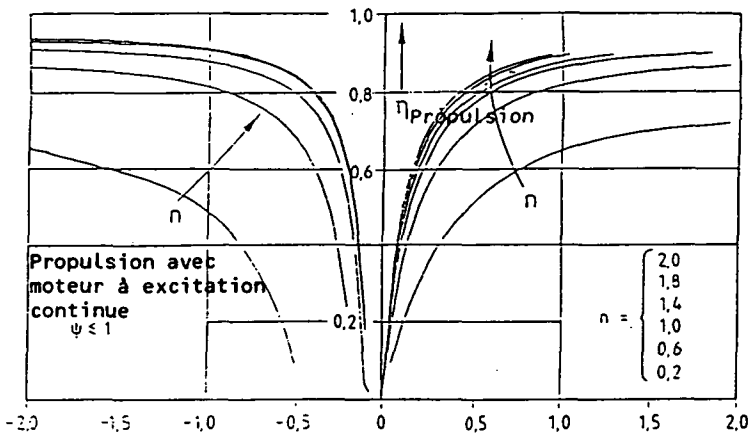


Figure 7 : Rendement de propulsion du système à moteur synchrone continue avec onduleur à impulsion

		Propulsion à moteur CC			Propulsion à moteur synchrone		
		Prix/Fièces (pour 100 pièces)			Prix/pièces (pour 100 pièces)		
Véhicules	Composante	1	2	3	1	2	3
			Moteur + boîte de vitesse	approx. 2960 +200	approx. 4500 +200	approx. 6000 +200	2250 +500++
	Source d'excitation	30 DM	35 DM	40 DM	40 DM	45 DM	50 DM
Vibreur	Thyristor Transistor	2x315 A Typ/ 206 DM			1 x 320 A Typ/ 215 DM		
	Commutation/ Décharge	80 DM	100 DM	1200 DM	10 DM	15 DM	30 DM
	Course Libre	1 x diode rapide / 75 DM			1 x diode lente / 45 DM		
	Excitateur	2 x transformateur d'impulsions 5 DM			1 x carte 100 x 160/ 30 DM		
Bobine		---	---	---	300	340	575
Onduleur	Thyristor	---	---	---	3 modele 460 DM		
	Décharge/ Excitation	---	---	---	Résistance 65 W 20 DM 6 transformateurs 30 DM 6 condensateurs 6 DM		
Sensors/ Indicateur de position ( transformateur)		1 transformateur / 125 DM			1 indicateur de position DM 150 1 Transformateur DM 125		
Unité de commande		2 cartes 100 x 160 120 DM	2 cartes 100x160 120 DM	2 cvrtes 100x160 120 DM	5 cartes 100x160 300 DM	5 cartes 100x160 300 DM	5 cartes 100x160 300 DM
Refroidissement		C <sub>w</sub> 0.22 / = 70 DM			C <sub>w</sub> 0.1 / 150 DM		
Prix total		3856 DM	5281 DM	7006 DM	4706 DM	5006 DM	7331 DM

Tableau 8 : Résumé du matériel nécessaire et de son coût - Estimation

Note : Il faut prévoir sur tous les systèmes de propulsion, un contacteur pour la commande des freins.

## ANNEXE 5.4.

### EVALUATION D'UN SYSTEME DE PROPULSION BASE SUR UN MOTEUR SANS BALAIS A AIMANTS PERMANENTS

#### 1. INTRODUCTION

Le but du présent document est d'évaluer les caractéristiques d'un système comportant un moteur sans balais à aimants permanents alimenté par un onduleur, en prenant comme terme de comparaison un système constitué d'un moteur à C.C. à excitation séparée, alimenté par un double redresseur électronique agissant sur l'induit et les circuits de champ.

D'une manière générale, on notera que le système à moteur sans balais peut avoir un impact sur :

- 1) le poids et les dimensions, en particulier en ce qui concerne l'unité moteur;
- 2) l'efficacité;
- 3) les exigences d'entretien et la fiabilité.

Le premier point est une conséquence de l'absence de commutateur mécanique, et, surtout de l'élimination des limites de vitesse de rotation et/ou de densité de courant associées à la commutation mécanique. La configuration à haute densité de courant peut être encore accentuée en mettant à profit la possibilité de refroidir plus aisément le câblage de l'induit, situé dans le stator.

Le second point peut être une conséquence de l'élimination des pertes mécaniques et électriques liées au commutateur (même compte tenu du déséquilibre partiel dû aux pertes de l'onduleur, qui peuvent être plus élevées que pour le redresseur), mais il résulte vraisemblablement la plupart du temps de l'utilisation d'aimants permanents qui éliminent les pertes d'excitation.

Le troisième point est une conséquence directe de l'absence de commutateur mécanique.

L'évaluation comparative présentée ci-après est basée sur des moteurs à C.C. développés pour application à des véhicules électriques, et sur un prototype de moteur sans balais, plus puissant, récemment mis au point.

L'évaluation chiffrée des moteurs sans balais doit être considérée comme une indication préliminaire, les chiffres définitifs dépendant de leur configuration réelle et des conditions de refroidissement.

Afin de prendre une base de comparaison commune, on a supposé la même vitesse de rotation pour les moteurs sans balais et un couple de rotation non inférieur à celui du moteur C.C., ce qui donne au moteur sans balais un avantage technique ultérieur résultant de la possibilité de concevoir des unités à plus grande vitesse de rotation (dans les limites permises pour des rapports de réduction raisonnables) et de la disponibilité de couples de rotation élevés jusqu'à grande vitesse, en raison de leur caractéristique linéaire en fonction de la vitesse.

## 2. EVALUATION COMPARATIVE SOUS L'ASPECT TECHNIQUE

Dans le tableau ci-joint, on présente des données relatives au moteur et aux équipements de réglage pour les trois catégories de véhicule considérées dans la présente étude.

On fournit également des données concernant un moteur expérimental de développement récent.

## 3. EVALUATION ECONOMIQUE

Les avantages du système de moteur sans balais à aimants permanents, en termes de légèreté et d'efficacité, par rapport au système de moteur à C.C. entraînent des bénéfices économiques au niveau de l'ensemble du véhicule.

En ce qui concerne la comparaison entre les deux systèmes, on peut observer de manière générale :

- que la machine à aimants permanents est plus légère et plus simple du point de vue de la fabrication;
- que le déplacement de la complexité a lieu en direction du domaine de l'électronique de puissance, dont le développement technologique provoque une réduction des coûts;



- que le coût des aimants permanents ne pèse pas d'un grand poids sur le coût total de la machine, en raison du nombre relativement faible d'aimants nécessaires dans une machine bien conçue, en particulier si l'on utilise les nouveaux matériaux magnétiques au néodyme-fer-bore de préférence au samarium-cobalt;
- qu'un autre avantage de coût du système de moteur sans balais à aimants permanents réside dans la fiabilité de son entretien, en raison de l'absence totale de contacts mécaniques mobiles dans le circuit de puissance.

Une comparaison des coûts de production en cas d'utilisation de samarium-cobalt a conduit au résultat suivant (en supposant égal à 100 le coût du moteur à C.C.), pour des quantités de l'ordre de 100 unités/an :

	<u>C.C.</u>	<u>Sans balais</u>
Moteur	100	70
Equipement de réglage	100	130
Coût total	200	200

Le coût du réducteur, ainsi que de la transmission éventuelle, est le même dans les deux cas et peut être évalué à 5 % et 12 % respectivement du coût du système.

En ce qui concerne l'effet d'échelle, on a évalué qu'il aurait le même impact sur le moteur à C.C. et sur le système sans balais à aimants permanents.

Le système sans balais à aimants permanents doit être légèrement meilleur marché sous l'angle du coût de production, à condition d'utiliser du néodyme-fer-bore à la place de samarium-cobalt.

En outre, cet avantage peut s'accroître dans l'avenir en cas de réduction des coûts de l'électronique de puissance.

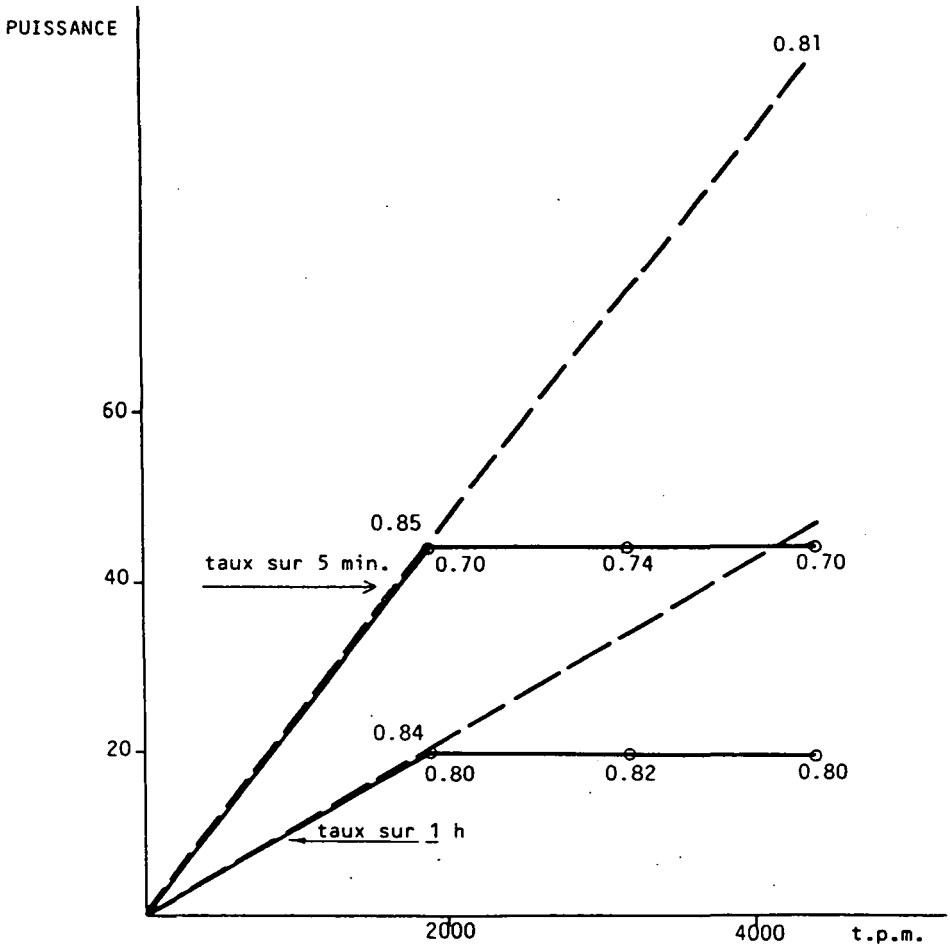
Un avantage ultérieur pourra résulter d'une modification de la conception du moteur sans balais dans le sens d'une plus grande vitesse de rotation impliquant un poids plus faible.

#### 4. CONCLUSIONS

Le système de moteur sans balais à aimants permanents, moyennant le déploiement technologique nécessaire et dans l'état actuel de la science des matériaux et des composants, présente par rapport au système de moteur

à C.C. les avantages suivants :

- performances plus élevées à grande vitesse;
- plus grande efficacité, et donc plus faible consommation d'énergie;
- poids plus faible, notamment pour l'unité moteur;
- possibilité d'intégration du moteur dans les roues, avec simplification consécutive de la structure du véhicule;
- coût de fabrication comparable en utilisant du samarium-cobalt, ou inférieur si l'on utilise du néodyme-fer-bore et nouvelle réduction prévisible dans l'avenir;
- faible coût d'entretien et fiabilité probablement plus élevée, donc coût d'exploitation plus faible.



COMPARAISON DE L'EFFICACITE

DU MOTEUR A C.C. A EXCITATION SEPARÉE ( — — — — )  
 ET DU MOTEUR SANS BALAIS A AIMANTS PERMANENTS ( — — — — )

	VOITURE PARTICULIERE		FOURGON LEGER		FOURGON		BUS (ROUE MOTRICE)
	C.C.	sans balais	C.C.	sans balais	C.C.	sans balais	sans balais
. Vitesse de base (t.p.m.)	2500	(2500)	2300	(2300)	1900	(1900)	
. Vitesse maximale (t.p.m.)	6000	6000	4800	4800	4400	4400	1650
. Puissance à la vitesse de base (1h) (kW)	10	10	13	13	22	22	
. Puissance à la vitesse maximale (1h) (kW)	10	24	13	27,1	22	51	47
. Puissance à la vitesse de base (5min) (kW)	16,4	20	19	26	44	44	
. Puissance à la vit. maximale (5min) (kW)	16	48	19	54,2	44	102	94
. Couple de rotation à la vit. de base (1h) (NM)	38,2	38,2	54	54	110,6	110,7	
. Couple de rot. à la vit. maximale (1h) (NM)	16	38,2	25,9	54	47,8	110,7	
. Couple de rot. à la vit. de base (5min) (NM)	62,7	76,4	79	108	221,2	221,4	
. Couple de rot. à la vit. max. (5min) (NM)	25,5	76,4	37,8	108	95,5	221,4	544
. Poids du moteur	72	43	100	62	160	92	
. Rapport de poids moteurs sans balais/C.C.	0,6		0,62		0,57		
. Puissance vitesse maximale au maximum (5 min) (kW/KG)	0,22	1,11	0,19	0,87	0,27	1,10	
. Couple de rotation vitesse maximale à la base (5 min) (NM/KG)	0,87	1,78	0,79	1,74	1,38	2,4	3,0
. Poids du réducteur (KG)	10	12	13	15	18	18	
. Poids de l'équipement de réglage (y compris l'inductance) (KG)	25	33	27	36	32	48	
. Poids total du système (KG)	107	88	140	113	210	158	
. Rapport poids total moteurs sans balais/C.C.	0,82		0,80		0,75		
. Efficacité du système sur un cycle de marche	0,75	0,81	0,76	0,82	0,77	0,83	

## ANNEXE 5.5

### EVALUATION DES DIFFERENTS DRIVE DE PROPULSION POUR VEHICULES ELECTRIQUES

(Rapport de M. BINET)

#### I - OBJET

Propulsion pour véhicules électriques

#### II - BUT

Evaluer et comparer les 3 grandes familles de "drive" de propulsion électrique :

- moteur à collecteur
- moteur asynchrone
- moteur synchrone

#### III - JUSTIFICATION

En supposant le problème de la source d'énergie traité séparément : un système de propulsion électrique résulte de l'association de machines électriques, d'électronique de puissance et de circuits de contrôle.

La diversité des structures des machines tournantes et de celles des circuits électroniques de puissance associés complique le choix entre les différentes formules en fonction de chaque réalisation.

Nous avons choisi 3 systèmes qui nous semblaient présenter a priori chacun leurs avantages et adopté comme critère de comparaison le coût de l'ensemble moteur plus circuits électroniques associés.

#### IV - EVALUATION DES 3 SYSTEMES

Les 3 systèmes retenus :

- drive moteur courant continu
- drive moteur asynchrone
- drive moteur synchrone

ont été comparés dans le cadre d'une réalisation type camionnette (avec des spécifications voisines de celles retenues dans le cadre du COST 302).

## 1) CRITERE D'EVALUATION

Le coût de l'ensemble du drive nous a semblé le facteur le plus important dans une première étude.

1.1. Les bases de calcul pour les moteurs nous ont été communiquées par des firmes françaises qui ont une expérience dans la fabrication de moteurs électriques pour des quantités de 100.

### 1.2. Electronique :

Les coûts des différents systèmes électroniques ont utilisé le même état technologique pour chacune des structures choisies associées à chacun des 3 types de moteurs (transistors de forte puissance).

Le calcul des coûts est alors calculé de la manière suivante :

prix matière et POE	PM
frais et charges afférentes (17%)	PM X 1,17
main-d'oeuvre	+ MO
	-----
PM x 1,17 x MO =	coût de production.

Le prix de vente estimé avec une marge bénéficiaire moyenne est alors obtenu en multipliant le coût de production par 1,53.

DRIVE PROPULSION A COURANT CONTINU P = 60 KW  
 U = 144-216V  
 Quantité de base : 100

---

MOTEUR :

Moteur à courant continu d'excitation séparée  
 et contrôle de champ ..... 20 000 F

ELECTRONIQUE :

Matière et POE

Transistors .....	3 468 F
Condensateurs .....	726 F
Commande de base .....	292 F
Dét. de courant + auxiliaires .....	674 F
Commande .....	825 F
Alim. auxiliaire .....	1 650 F
Habillage .....	1 000 F

-----  
 8 635 F

Matière et POE + frais : x 1,17 ..... 10 103 F

Main-d'oeuvre ..... 4 500 F  
 -----

14 603 F

22 342 F

Masse de l'électronique : 25 kg

Rendement de l'électronique : 98,5 %

DRIVE PROPULSION A MOTEUR ASYNCHROME P = 60 KW

U = 144-216V

Quantité de base : 100

---

MOTEUR :

Moteur asynchrone traction 3000 - 6000 tr/mn ..... 11 400 F

ELECTRONIQUE :

Matière et POE

Transistors .....	7 800 + 4 200 F
Condensateurs .....	726 F
Commande de base .....	888 F
Dét. de courant + auxiliaires .....	974 F
Commande .....	825 F
Alim. auxiliaire .....	1 650 F
Habillage .....	1 000 F

-----  
18 063 F

Matière et POE + frais : x 1,17 ..... 21 134 F

Main-d'oeuvre ..... 6 950 F

-----  
28 084 F

42 968 F

Masse de l'électronique : 35 kg

Rendement de l'électronique : 97 %



DRIVE PROPULSION A MOTEUR SYNCHROME P = 60 KW  
U = 144-216V  
Quantité de base : 100

---

MOTEUR :

Moteur synchrone à aimants ..... 22 000 F

ELECTRONIQUE :

Matière et POE

Transistors .....	6 936 F
Condensateurs .....	726 F
Commande de base .....	584 F
Dét. de courant + auxiliaires .....	674 F
Commande .....	825 F
Alim. auxiliaire .....	1 650 F
Habillage .....	1 000 F

-----  
12 395 F

Matière et POE + frais : x 1,17 ..... 14 502 F

Main-d'oeuvre ..... 4 500 F

-----  
19 002 F

29 073 F

Masse de l'électronique : 28 kg

Rendement de l'électronique : 98 %

DRIVE PROPULSION A COURANT CONTINU P = 15 KW P = 30 KW  
 U = 96-144V  
 Quantité de base : 100

---

MOTEUR :

Moteur à courant continu d'excitation séparée  
 et contrôle de champ ..... 10 000 F

ELECTRONIQUE :

Matière et POE

Transistors .....	1 050 F
Condensateurs .....	363 F
Commande de base .....	250 F
Dét. de courant + auxiliaires .....	674 F
Commande .....	825 F
Alim. auxiliaire .....	1 400 F
Habillage .....	1 000 F

-----  
 5 562 F

Matière et POE + frais : x 1,17 ..... 6 508 F

Main-d'oeuvre ..... 4 500 F

-----  
 16 841 F

26 841 F

Masse de l'électronique : 16 kg

Rendement de l'électronique : 98 %

DRIVE PROPULSION A MOTEUR ASYNCHROME P = 15 KW P = 30 KW  
U = 96-144V  
Quantité de base : 100

---

MOTEUR :

Moteur asynchrone traction ..... 5 600 F

ELECTRONIQUE :

Matière et POE

Transistors .....	6 300 F
Condensateurs .....	363 F
Commande de base .....	750 F
Dét. de courant + auxiliaires .....	974 F
Commande .....	825 F
Alim. auxiliaire .....	1 400 F
Habillage .....	1 000 F

-----  
11 612 F

Matière et POE + frais : x 1,17 ..... 13 586 F

Main-d'oeuvre ..... 4 500 F

-----  
31 420 F

37 020 F

Masse de l'électronique : 27 kg

Rendement de l'électronique : 98 %

DRIVE PROPULSION A MOTEUR SYNCHROME P = 15 KW P = 30 KW  
U = 96-144V  
Quantité de base : 100

---

MOTEUR :

Moteur synchrone à aimants ..... 11 000 F

ELECTRONIQUE :

Matière et POE

Transistors .....	2 100 F
Condensateurs .....	363 F
Commande de base .....	500 F
Dét. de courant + auxiliaires .....	674 F
Commande .....	825 F
Alim. auxiliaire .....	1 400 F
Habillage .....	1 000 F

-----  
6 862 F

Matière et POE + frais : x 1,17 ..... 8 028 F

Main-d'oeuvre ..... 4 500 F

-----  
19 169 F

30 169 F

Masse de l'électronique : 21 kg

Rendement de l'électronique : 98 %

## CONCLUSION

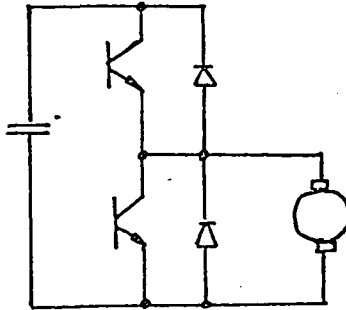
En prenant comme critère de comparaison le coût total du drive il apparait que S1 S2 S3 sont classés dans l'ordre croissant des prix.

Il est à noter que la solution S1 présente une antériorité dans le savoir-faire plus importante et que les solutions S2 et S3 sont plus susceptibles d'évolution dans le temps grâce aux progrès de l'électronique de puissance.

Un critère plus élaboré intégrant masse, dimension et rendement devrait permettre une approche plus précise.

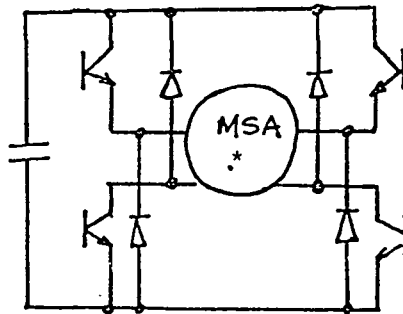
STRUCTURE S1

S1 : D.C. MOTOR



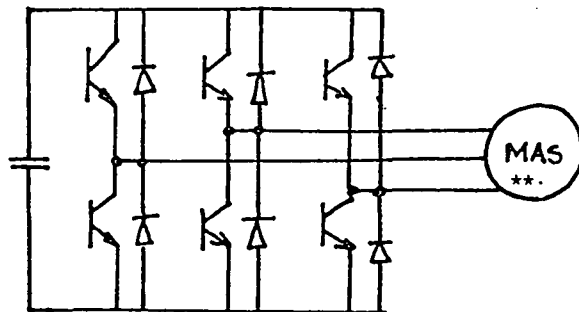
STRUCTURE S2

S2 : Synchronous motor, magnetically excited



STRUCTURE S3

S3 : Induction motor



\* MSA = synchronous motor, magnetically excited

\* MAS = induction motor

ANNEXE 5/6

Comparaison entre les chaînes de traction à moteur  
sans collecteur et à moteur à courant continu.

Moteur Caractéristique	Moteur asynchrone	Moteur synchrone à aimants	Moteur synchrone à aimants permanents
Poids	+	≈	+
Rendement	≈	+	+
Coût/efficacité (technologie actuelle)	+	-	≈
Coût/efficacité (technologie prévisible)	++	≈ (+)	+





ANNEXE A

Sujet : LES ACCUMULATEURS ZINC/BROME  
(Contribution autrichienne)

Auteur : Dr Peter M. Schütz

Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung

Freyung 1, A - 1014 Wien

From August 1986

ENERGY RESEARCH LABORATORY

Niels Bohrs Allé 25, DK-5230 Odense M

Tel.: (9) 15 45 00, Telex : 59 428 elab dk

Telefax : (9) 15 51 80

Sommaire	Page
Introduction	226
Caractéristiques de l'accumulateur ZnBr	226
Etat de la technique	229
Bibliographie	230
Annexe - Zn Br Accumulateur	231

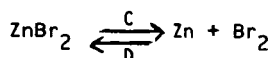
## ANNEXE A

### LES ACCUMULATEURS ZINC/BROME

#### 1. Introduction

Les accumulateurs zinc/halogène à circulation d'électrolyte sont un nouveau type d'accumulateurs électrochimiques qui a beaucoup gagné en importance au cours de ces dernières années et qui offre des perspectives de développement extrêmement prometteuses (figures 1 à 3). Parmi eux, l'accumulateur zinc/brome développé par Exxon semble réunir, grâce à sa technologie d'avant-garde et à son intérêt économique, toutes les conditions voulues pour autoriser le démarrage rapide d'une production industrielle.

Le principe de base de ces accumulateurs électrochimiques consiste en l'électrolyse, pendant la charge, d'une solution aqueuse d'un sel haloïde de zinc entraînant le dépôt de zinc métallique à la cathode inerte de plastique carboné et le dégagement de brome élémentaire à l'anode, réalisée dans le même matériau. La décharge dégage du zinc, réduit le brome et provoque la formation de bromure de zinc :



Cette réaction donne des tensions réversibles de 1,82 V et une densité énergétique théorique de 430 Wh/kg.

#### 2. Caractéristiques de l'accumulateur ZnBr

Les réactants anodiques sont stockés en dehors de la cellule électrochimique dans laquelle ils sont introduits à mesure des appels d'énergie. Ce type d'accumulateur fonctionne donc un peu comme une pile à combustible avec électrolyte circulant (figures 4 et 5) et se compose essentiellement des trois éléments suivants :

- a) L'élément le plus important est le monobloc dans lequel se déroulent les réactions de phase électrochimiques de charge ou de décharge.
- b) Le deuxième élément en ordre d'importance est l'électrolyte stocké dans deux réservoirs séparés et maintenu en circulation par deux pompes.

c) Le troisième élément est constitué par les auxiliaires, c'est-à-dire les pompes, les conduites et les réservoirs à électrolyte.

#### Description de ces trois éléments

a) Afin de réduire au maximum les coûts, les accumulateurs zinc/brome comprennent des électrodes bipolaires composés (souples) en carbone/plastique de grande surface géométrique (12 dm<sup>2</sup>). C'est là d'ailleurs un de leurs aspects les plus intéressants parce que ces électrodes, de même que les séparateurs de plastique, peuvent être fabriqués par extrusion ou moulage par injection, deux techniques de fabrication éprouvées dans le secteur des matières plastiques. Les coûts de matériel et de production de ces accumulateurs en arrivent ainsi à se situer à des niveaux qui supportent très bien la comparaison avec les autres accumulateurs électrochimiques.

L'utilisation d'électrodes bipolaires permet de simplifier la construction, de fabriquer des modules compacts à tension élevée et à faible résistance ohmique et de ne monter les bornes d'entrée et de sortie que sur les seules première et dernière électrodes du monobloc. Les électrodes sont séparées par des séparateurs microporeux en matière plastique qui optimisent la circulation de l'électrolyte tout en jouant le rôle de diaphragme, c'est-à-dire de barrière au transfert intempestif de brome actif sur l'électrode de zinc.

Les différents composants sont superposés et réunis, par soudure, de façon à constituer un module.

b) L'électrolyte est constituée par une solution aqueuse de bromure de zinc environ 3 mol/l, pH 2-3) et un mélange d'agents complexants organiques qui absorbent le brome libéré à l'anode en formant une phase complexe organique qui reste liquide jusqu'à des températures d'environ - 20° C. Ce composé est, contrairement au brome élémentaire, inoffensif et stable et ne rejette presque pas de brome dans l'environnement (pression de vapeur peu élevée) de sorte qu'il y a peu de danger en cas de fuites, dues par exemple à un accident. Des sels conducteurs, par exemple du chlorure

de potassium ou d'ammonium, sont ajoutés à l'électrolyte afin d'accroître et de stabiliser la conductibilité ainsi que d'améliorer le comportement à basse température.

La formation de dendrites est un problème bien connu des accumulateurs électrochimiques à anode de zinc.

Les conditions hydrodynamiques favorables que la circulation continue de l'électrolyte fait prévaloir dans les accumulateurs zinc/brome permettent néanmoins de limiter cet inconvénient et d'obtenir un dépôt du zinc plus cohérent. Par ailleurs la migration rapide des matières provoquée par la convection importante et les composés quaternaires d'ammonium favorisent un dépôt cohérent et régulier du zinc parce qu'ils font office d'inhibiteur, c'est-à-dire jouent un rôle comparable aux agents de brillantage utilisés dans les bains de galvanisation.

- c) Les accumulateurs à circulation constante ont pour principal inconvénient de nécessiter des pompes et autres auxiliaires assez complexes, notamment des réseaux d'alimentation et de distribution et des réservoirs pour l'électrolyte. Les parties mobiles s'usent et sont donc sujettes aux pannes tandis que les auxiliaires entraînent une consommation d'énergie supplémentaire. Ces pertes restent toutefois en-dessous de la barre des 7 % et il ne semble pas y avoir de problèmes au niveau de la durée de vie des pompes. Ces accumulateurs présentent en revanche l'avantage d'avoir des composants séparables (répartition des poids grâce à la séparation des réservoirs à électrolyte) et échangeables pour réparation. Leur autre avantage, très important, réside dans la facilité du retour à l'état de départ par court-circuitage, c'est-à-dire dépouillement total de l'unité de stockage. Cette décharge totale retransforme la totalité de l'halogène libre en brome et libère les électrodes de tout leur zinc.

Les matériaux utilisés dans l'accumulateur se composent donc pour l'essentiel de plastique et de carbone tandis que les éléments électrochimiques actifs, à savoir le zinc et le brome, sont non seulement disponibles en grande quantité et à bon prix, mais aussi très durables sous des charges électriques élevées.

### 3. Etat de la technique

Il existe, à l'heure actuelle, des accumulateurs zinc-brome expérimentaux de 0,5 à 30 kWh (tension 12-120 volts). L'expérience a démontré que la durée de vie des grandes unités pourrait aller au-delà des 500 cycles et se situer entre 700 et 1.000 cycles pour les plus petites.

Rien ne semble à l'heure actuelle indiquer qu'il puisse y avoir un facteur de nature à limiter la durée de vie de ces accumulateurs.

Les caractéristiques des accumulateurs actuels non optimisés (prototypes) se présentent comme suit : (Annexe 1)

Energie massique	52 - 60 Wh/kg	60 - 75 Wh/l
Puissance	25 - 45 Wh/kg (puissance continue)	(65-100 puissance maximale)
Rendement	56 - 60 %	
Durée de vie	500 cycles	

Les accumulateurs qui seront fabriqués en série à partir de 1988 incorporeront toutes les possibilités d'amélioration connues et éprouvées. Ils auront ainsi un électrolyte plus concentré à plus haute conductibilité, des séparateurs améliorés, des électrodes de brome à superficie spécifique plus importante ainsi que des cuves améliorées. Ces accumulateurs auront les caractéristiques suivantes : (Annexe 2)

Energie massique	75 Wh/kg	69 Wh/l
Puissance nominale :	69 W/kg	puissance maximale 138 W/kg
Rendement	65 %, pompes comprises.	

Le prix de ces accumulateurs dépendra dans une large mesure du marché, mais ne dépassera certainement pas celui des accumulateurs au plomb.

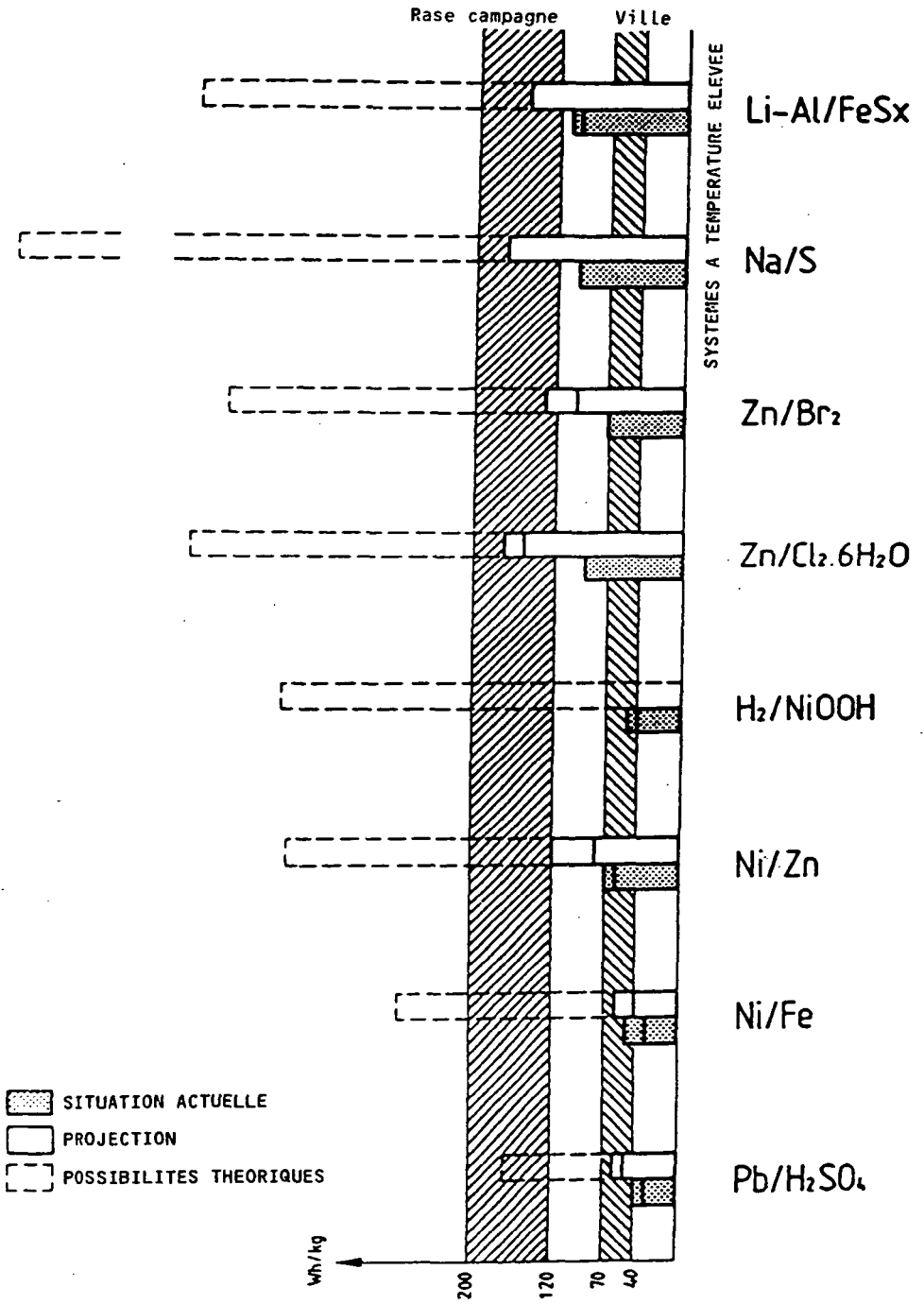
Une estimation prudente des possibilités d'amélioration (dont certaines sont déjà réalisées en laboratoire) permet de penser qu'un modèle plus performant encore sera disponible dans un avenir assez proche (1990/1995). Cet accumulateur devrait avoir les caractéristiques suivantes :

Energie massique	83 Wh/kg
Rendement	75 - 80, pompes comprises

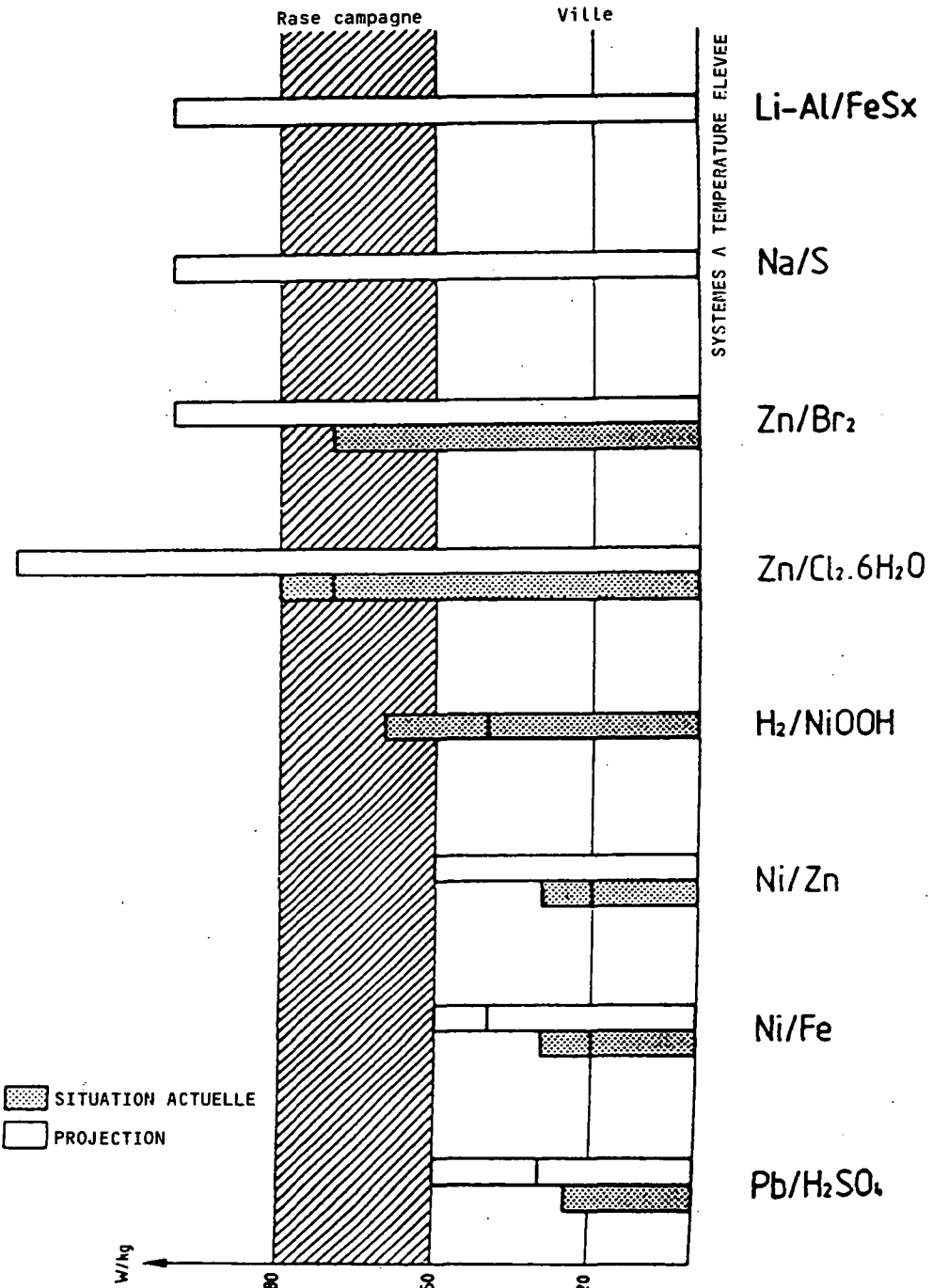
Bibliographie

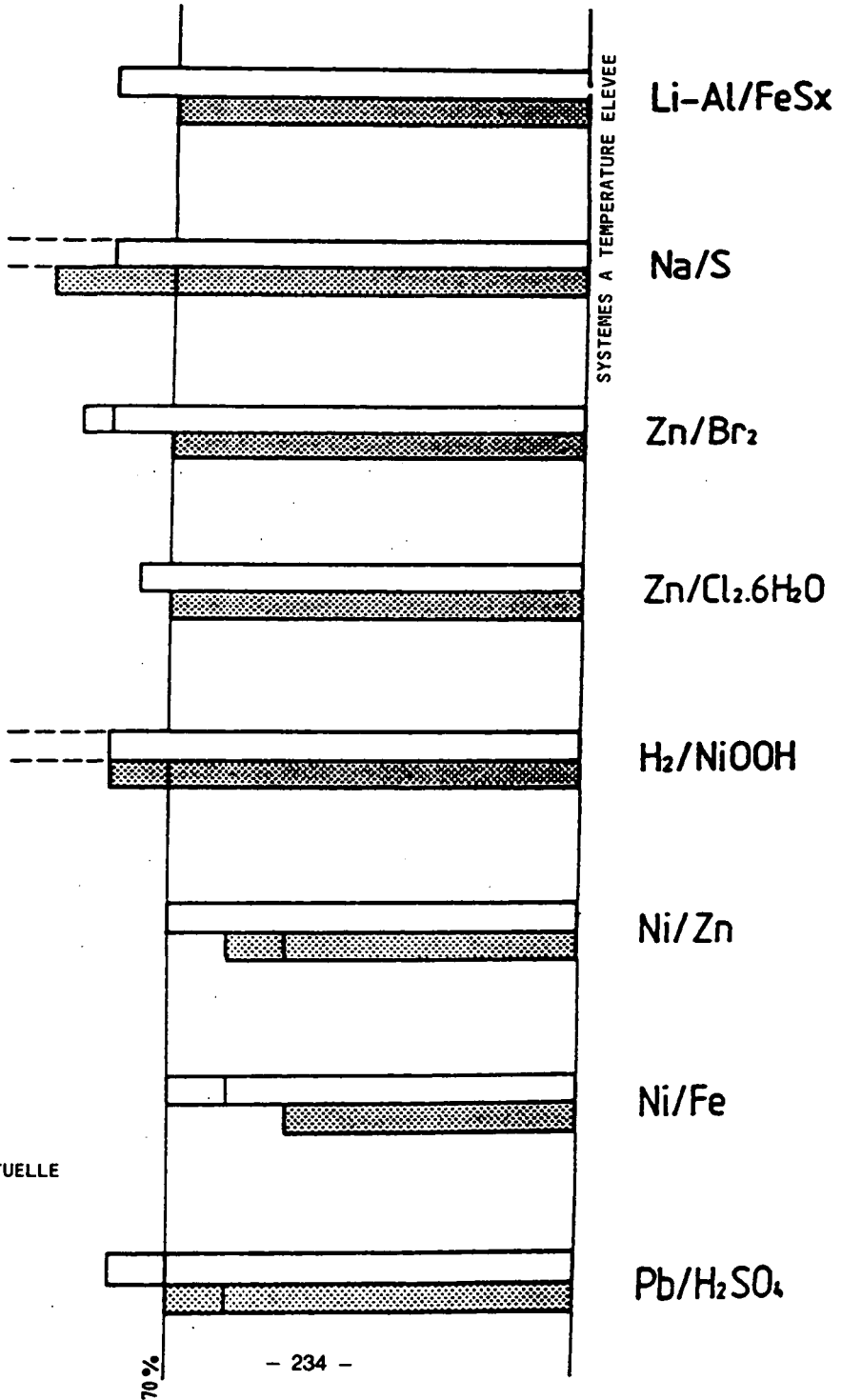
- K. KORDESH, Ch. FABJAN : Die Zink-Brom-Zelle, Dechema Monographien Band 97 -  
Verlag Chemie 1984
- K. TOMAZIC : Persönliche Mitteilungen
- R.J. BELLOWS : 15th IECEC, Seattle Wash. Aug. 18/22, 1980 p. 1465
- K. KORDESCH, Ch. FABJAN : Studie : Zink-Brom-Batterie für VEW 1982

ANNEXE - Zn Br ACCUMULATEUR









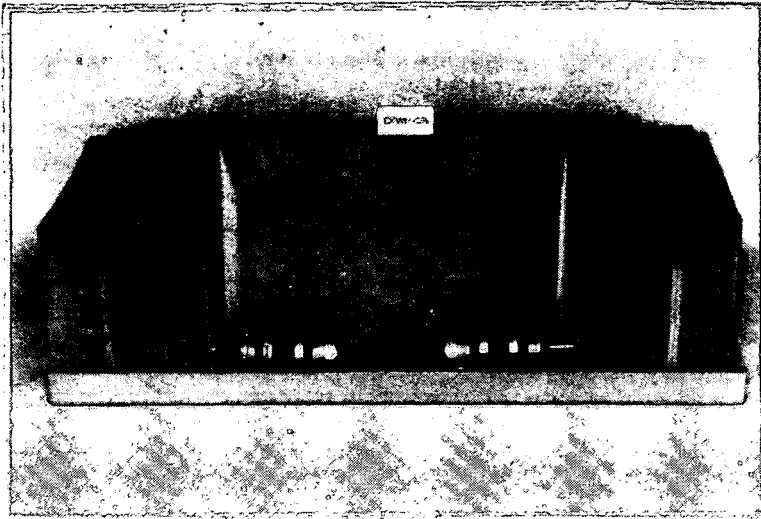


FIGURE 4 : SCHEMA DE LA BATTERIE Zn/Br<sub>2</sub>

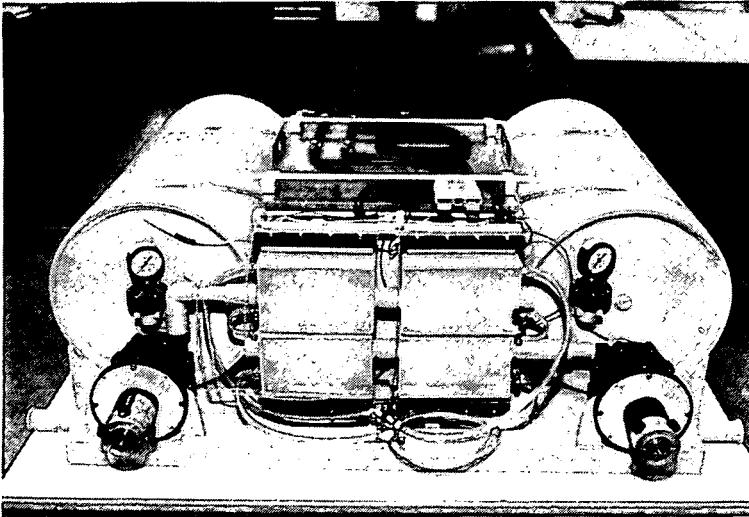


FIGURE 5 : ACCUMULATEUR PROTOTYPE Zn/Br<sub>2</sub>

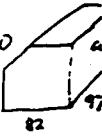
Accumulateur Zn-Br<sub>2</sub>

Données actuelles effectives  
(1986)

Accumulateur perfectionné à circulation d'électrolyte  
Système Zn-halogène à température ambiante

Lancement de la production  
en série (1988)  
Modèle optimisé 1990-19?

Dimensions du module	6 kWh 2x3 kWh = 2x24 cells	30 kWh
1) Poids (kg)		
Monobloc	15	106
Electrolyte	451 70	368
Auxiliaires	18	106
Total	103	580
2) Dimensions		
Longueur x largeur x hauteur (cm)	STACK: 71 x 16 x 31 MODULE: 74 x 44 x 31	picture 2: 97 x (82) x 60
Volume (litres)	100	407
3) Puissance @ 100% SOC	Electrolyte: 20 Ω cm	92 cm
nominale (régime constant)	2.4 kW/module, C <sub>2</sub>	26 kW/module
10 min (en côte)	3.8	
15 sec (accélération)	6.5	55 Diagram 3
4) Puissance spécifique		Diagram 4 (11 FVDS)
densité d'énergie massique (Wh/kg)	58	52
(Wh/l)	60	74
puissance volumique (W/kg)	nominal 23 peak 63	nominal 44 peak 95
(W/l)	24 65	63 135
5) Voltage (V)	nominal 36 see U/I-plot diagram 1	nominal 200 see U/I plots diags. 5, 6
6) Rendement		
en coulomb	77-79	70
en volt	80	80
total (rendement énergétique)	60 including pumps	56
pertes en attente	first 12h: 5% then ∅	
énergie utile	6 kWh	30
7) Température de fonctionnement		
Plage (°C)	25-40 (0-50)	
* Débit normal, chargement en trois heures et dégagement de C <sub>2</sub>		



Accumulateur Zn-Br<sub>2</sub>

Données actuelles effectives  
(1986)

Accumulateur perfectionné à circulation d'électrolyte.  
Système Zn-halogène à température ambiante

Lancement de la production  
en série (1988)  
Modèle optimisé 1990-19?

Dimension du module	6 kWh	30 kWh
1) Poids (kg)		
Monobloc	14	85
Electrolyte	6l/kWh 56	320 (4 M EL)
Auxiliaires	10	48
Total	80	453
2) Dimensions		
longueur x largeur x hauteur (cm)	Module 66 x 40 x 33 87	
Volume (litres)	Electrolyte 55 cm	
3) Puissance 100% SOC		
nominale (régime constant)	5.5 kW/module	
10 min (en côte)	7	
15 sec (accélération)	11	
4) Puissance spécifique		
densité d'énergie massique (Wh/kg)	75	66-70
(Wh/l)	69	
puissance volumique (W/kg)	nominal 69 peak 138	
(W/l)	63 128	
5) Voltage (V)	36V	
6) Rendement *)		
en coulomb	88	
en volt	81	
total (rendement énergétique)	65 incl. pumps	
pertes en attente	first 24h < 2% max 3%	
énergie utile	6 kWh	
7) Température de fonctionnement	SOC can be measured very accurately ± 2%	
Page (°C)		

\*) Débit normal, chargement en trois heures et dégagement de C<sub>2</sub>

Accumulateur Zn-Br<sub>2</sub>

Données actuelles effectives  
(1986)  
Lancement de la production  
en série (1988)  
Modèle optimisé 1990-19?

Accumulateur perfectionné à circulation d'électrolyte  
Système Zn-halogène à température ambiante

Dimensions du module	6 kWh	30 kWh
1) Poids (kg)		
Monobloc	13	
Electrolyte	5L/kWh 45	
Auxiliaires	9	
Total	67	
2) Dimensions		
Longueur x largeur x hauteur (cm)		
Volume (litres)		
3) Puissance	4 Ω cm Electrolyte	
nominale (régime constant)	6 kW/module	
10 min (en côte)	8	
15 sec (accélération)	13	
4) Puissance spécifique		
densité d'énergie (Wh/kg) massique	83	
(Wh/l)		
(W/kg)		
puissance volumique (W/l)		
5) Voltage (V)		
6) Rendement *)		
en coulomb		
en volt		
total (rendement énergétique)	75-80 incl pumps	
pertes en attente	first 24h < 1.5% max 2.5	
énergie utile	7-8 kWh	
7) Température de fonctionnement		
Plage (°C)		

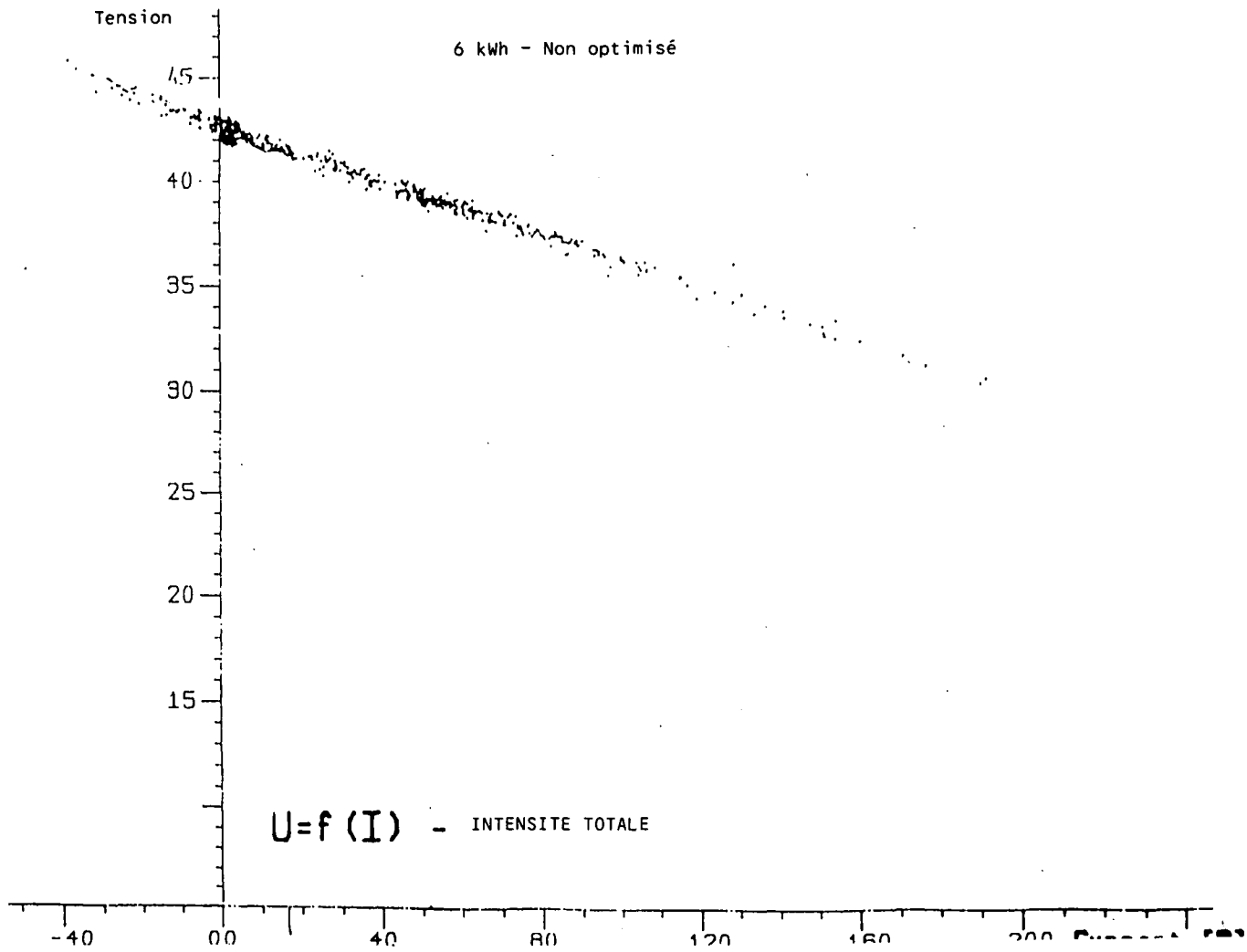
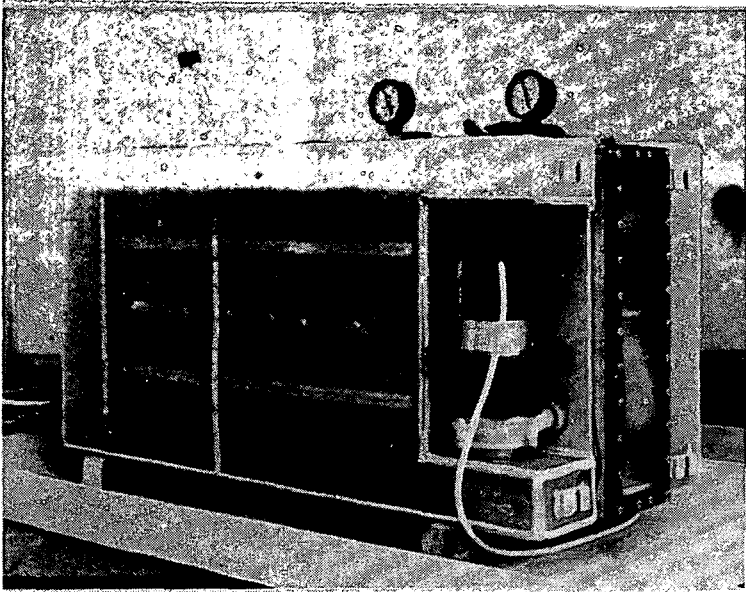


Fig. 2



4 kWh/48 V - Battery



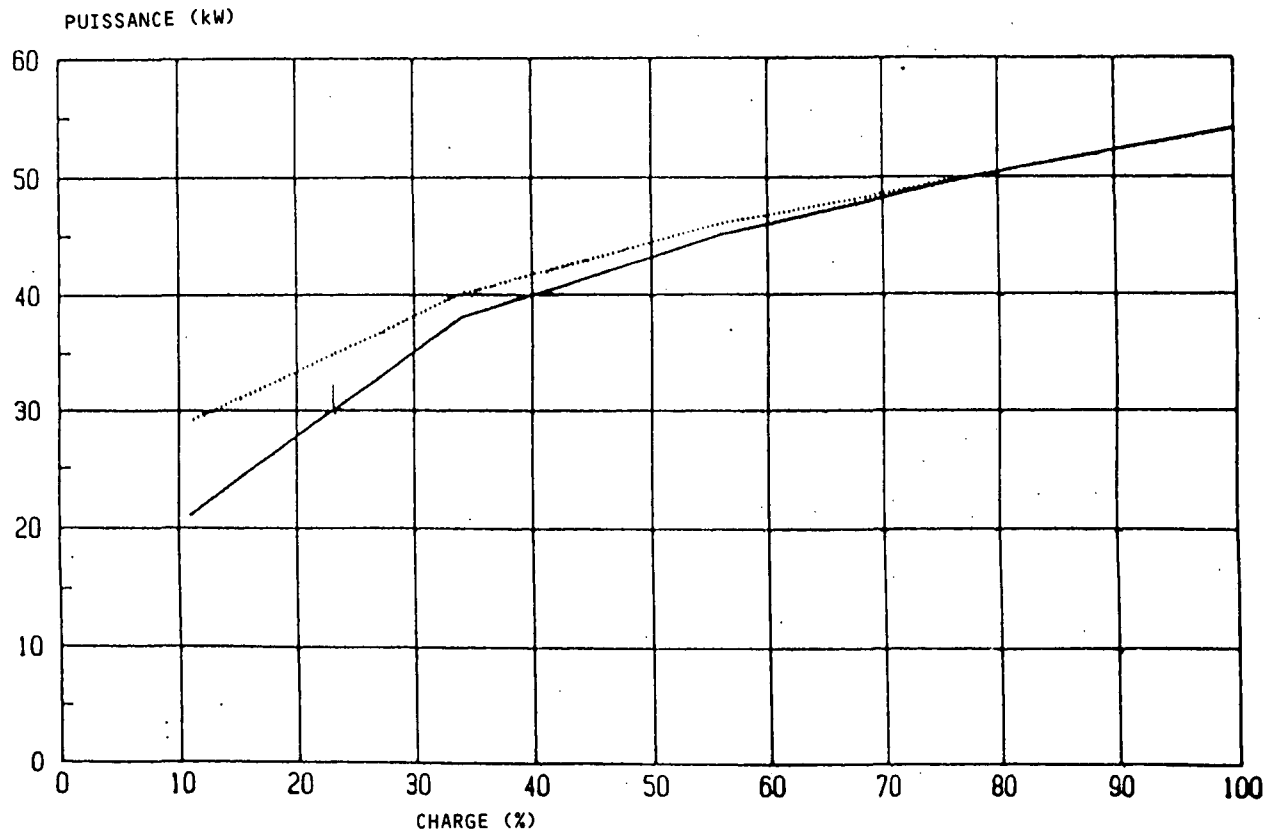
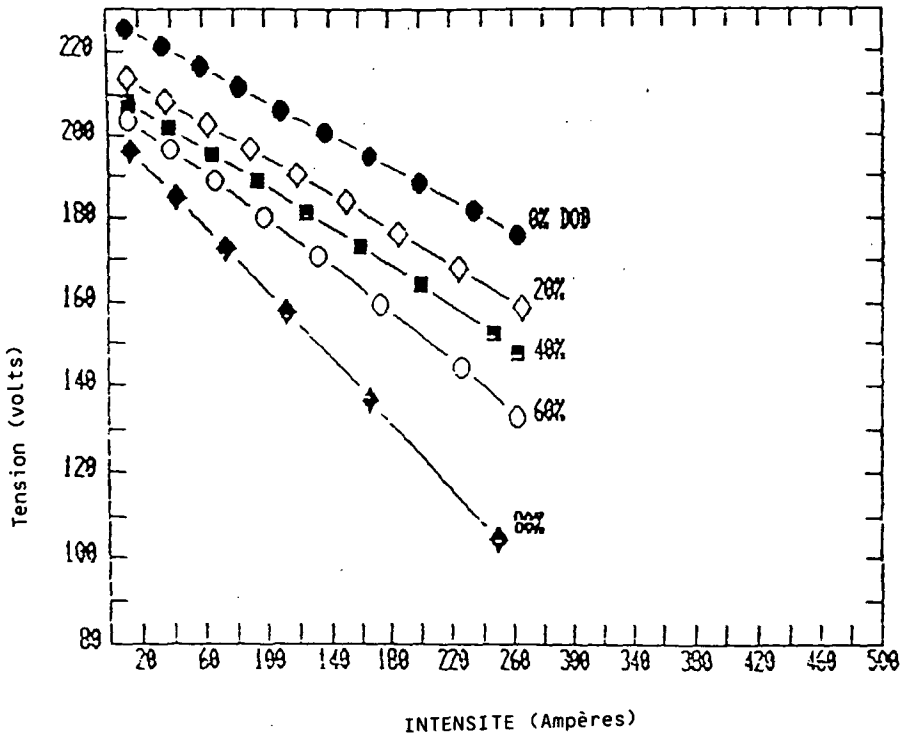


Figure 3

Figure 4

$$P = f(DOD)$$

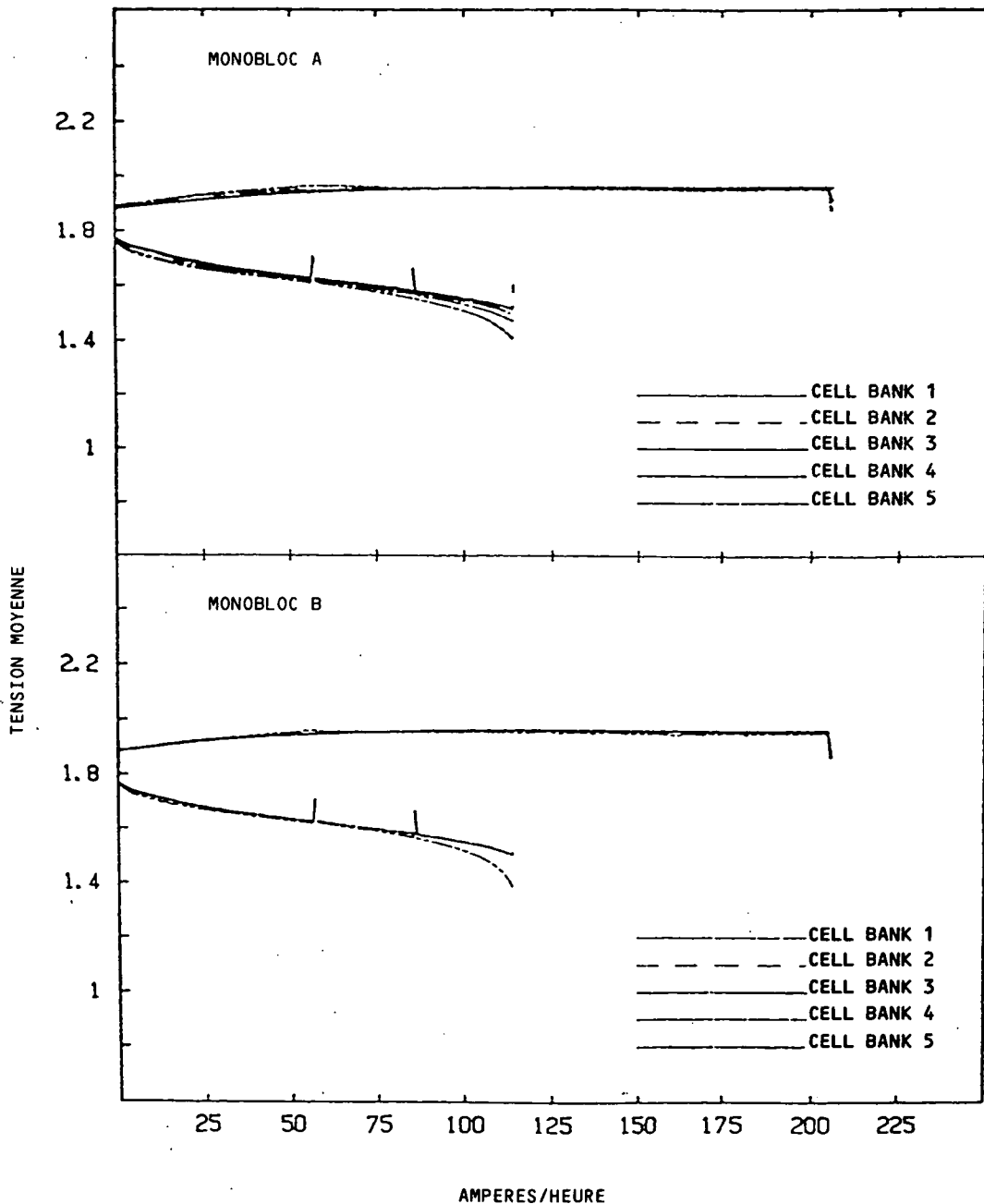
Evolution du rapport tension/intensité en fonction de la profondeur de décharge



TENSION (CYCLE 0 619)  
CHARGE I = 50 AMPERES

DECHARGE I = 40 AMPERES

Figure 5



TENSION (CYCLE 26)  
CHARGE I = 50 AMPERES

DECHARGE I = 40 AMPERES

Figure 6

