

Essai sur le moteur V-21126

RAPPORT SUR LES ESSAIS DES DISPOSITIFS R3 ET R7 DE CTP

L'objectif de ces essais est d'étudier l'effet des dispositifs R3 et R7 sur les variations de la consommation de carburant du moteur et ses performances environnementales. Le complexe d'essai a été réalisé conformément au programme d'essai PM-03/2024-04.

Liste des abréviations et symboles

Les abréviations et désignations suivantes sont utilisées dans ce rapport de recherche :

- ESC – Caractéristique de vitesse externe
- Moteur – Moteur à combustion interne V-21126 avec système électronique de contrôle du moteur Bosch M7.9.7
- TP – Programme d'essai PM-03/2024-04

Introduction

L'objectif de ce travail est de tester les prototypes des dispositifs R3 et R7 fabriqués par CTP (désignés ci-après comme les prototypes) installés sur les éléments du système de carburant et le câblage électrique d'un banc d'essai basé sur le moteur V-21126, afin d'étudier l'influence des prototypes sur les variations de la consommation de carburant du moteur et ses indicateurs environnementaux. Les études expérimentales sont réalisées conformément au programme d'essai convenu PM-03/2024-04 (désigné ci-après comme le programme d'essai).

1 Description du banc d'essai

Les essais des prototypes sont effectués sur un banc d'essai, qui comprend le moteur V-21126 (désigné ci-après comme le moteur à combustion interne, voir Figure 1.1) et le dispositif de charge hydraulique SuperFlow SF902 (voir Figure 1.2).



Figure 1.1 – Moteur à combustion interne

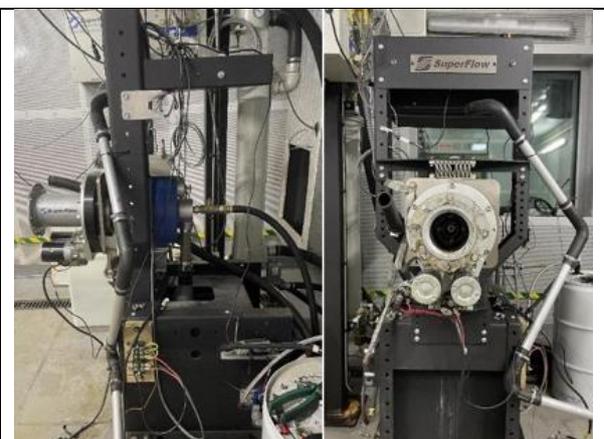


Figure 1.2 – Dispositif de charge

Les principales caractéristiques du moteur à combustion interne sont présentées dans le Tableau 1.1

Paramètre	Value
Type	Inline, 4-cylinder
Ordre de fonctionnement des cylindres	1-3-4-2
Diamètre du cylindre, mm	82
Course, mm	75.6
Cylindrée, L	1.597
Taux de compression	11:1
Puissance nominale, KW (hp)	72 (98)
Rated speed of rotation of the crankshaft, rpm	5600
Volume du système de lubrification, l	3.5
Système électronique de contrôle du moteur	Bosch M 7.9.7

Table 1.1 – Caractéristiques du moteur V-21126

Le moteur à combustion interne installé sur le banc d'essai était équipé des dispositifs de mesure et de comptage nécessaires pour déterminer les paramètres requis du moteur, ainsi que pour surveiller ses performances :

- Thermocouples à tige de type K pour la mesure de la température des gaz d'échappement (Fig. 1.3)
- Capteur de consommation de carburant de type turbine (Fig. 1.4)
- Débitmètre d'air d'admission (Fig. 1.5)



Figure 1.3 – Thermocouples à tige



Figure 1.4 – Capteur de consommation de carburant



Figure 1.5 – Débitmètre d'air

L'essai a été réalisé en utilisant de l'essence de 95 octanes comme carburant.

Huile moteur 5W-40

Liquide de refroidissement - antigel

Le moteur est démarré par un démarreur qui fait partie du banc d'essai.

Des capteurs sont installés dans une boîte qui enregistre les paramètres environnementaux : pression, température, humidité.

La vitesse du moteur, le couple, la puissance, la consommation de carburant, la pression atmosphérique, la température de l'air, l'humidité relative, ainsi que la température des gaz d'échappement et du liquide de refroidissement, etc., ont été surveillés depuis le banc d'essai et depuis le panneau de contrôle du dispositif de charge (voir Figures 1.7-1.8).

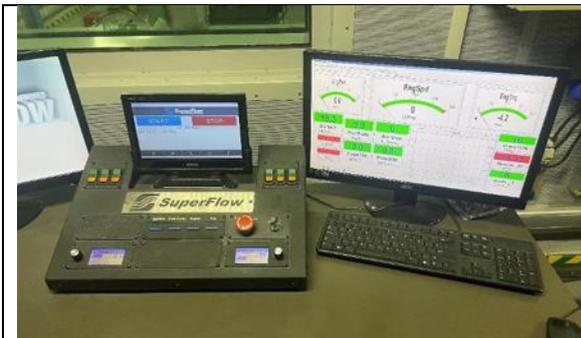


Figure 1.7 – Panneau de contrôle



Figure 1.8 – Moniteur de l'opérateur du banc d'essai

2. Étude de l'influence des dispositifs R3 et R7

Pendant les essais, les paramètres du moteur ont d'abord été analysés sans les dispositifs R3 et R7, puis avec les dispositifs R3 et R7. Par la suite, une comparaison a été effectuée.

Les paramètres enregistrés dans le cadre des données d'essai, ainsi que ceux calculés au cours de l'analyse, sont présentés dans le Tableau 2.1.

#	Paramètre	unités
1	Vitesse de rotation	min ⁻¹
2	Position de l'accélérateur	%
3	Puissance	HP
4	Puissance	KW
5	Couple	Nm
6	Consommation de carburant (stand)	g/min
7	Consommation de carburant (poids)	g/min
8	Consommation spécifique de carburant	g/KWh
9	CO	%
10	CO ₂	%
11	Ch	mln ⁻¹
12	O ₂	%
13	λ	

Table 2.1 – Paramètres mesurés

Après avoir démarré et réchauffé le moteur (avec une température du liquide de refroidissement supérieure à 60°C), le moteur a été mis en mode de fonctionnement et les paramètres ont été enregistrés.

Le logiciel du banc d'essai enregistre les valeurs des paramètres effectivement mesurés ainsi que les valeurs calculées.

En se basant sur les résultats de la première partie des essais, un ensemble de valeurs de paramètres a été obtenu pour la construction de la caractéristique de vitesse externe (ci-après désignée ESC). Pour plus d'informations, veuillez consulter le Tableau A1 en Annexe.

Au deuxième stade, la consommation de carburant et les paramètres environnementaux ont été déterminés. Les Tableaux 2.2 et 2.3 présentent les valeurs des paramètres.

#	Paramètre Measurement	Unités	Value							
			#1		#2		#3		#4	
1	Vitesse de rotation	min ⁻¹	2503	2502	2570	2496	3498	3498	3500	3499
2	Position de l'accélérateur	%	40	60	40	60	40	60	40	60
3	Puissance	HP	36.6	39.6	35.6	36.6	53.2	62.9	50.4	60.7
4	Puissance	KW	27.0	29.2	26.2	27.0	39.0	46.4	37.1	44.7
5	Couple	Nm	103.0	111.4	97.7	103.2	106.8	126.7	101.3	122.2
6	Consommation de carburant (stand)	g/min	138.0	144.0	126.0	132.0	198.0	228.0	174.0	204.0
7	Consommation spécifique de carburant	g/KWh	306.7	295.9	288.1	293.6	304.6	294.8	281.0	273.6

Table 2.2 – Détermination des paramètres en régime stable

#	Paramètre	Unités	Value			
1	Vitesse de rotation	min ⁻¹	2570	2496	3500	3499
2	Position de l'accélérateur	%	40	60	40	60
3	Puissance	HP	35.6	36.6	50.4	60.7
4	Puissance	KW	26.2	27.0	37.1	44.7
5	Couple	Nm	97.7	103.2	101.3	122.2
6	Consommation de carburant (stand)	g/min	126.0	132.0	174.0	204.0
7	Consommation de carburant (poids)	g/min	118.0	133.0	171.0	207.0
8	Consommation spécifique de carburant	g/KWh	269.8	295.8	276.2	277.6
9	CO	%	2.341	1.847	4.485	3.612
10	CO ₂	%	14.56	14.79	14.35	14.43
11	Ch	mln ⁻¹	201.0	204.0	153.0	125.0
12	O ₂	%	0.954	0.658	0.561	1.286
13	λ		1.058	1.042	1.031	1.026

Table 2.3 – Détermination de la consommation de carburant et des paramètres environnementaux

De manière similaire aux étapes décrites ci-dessus, des essais ont été réalisés avec les dispositifs R3 et R7 installés (voir Figures 2.2-2.3).

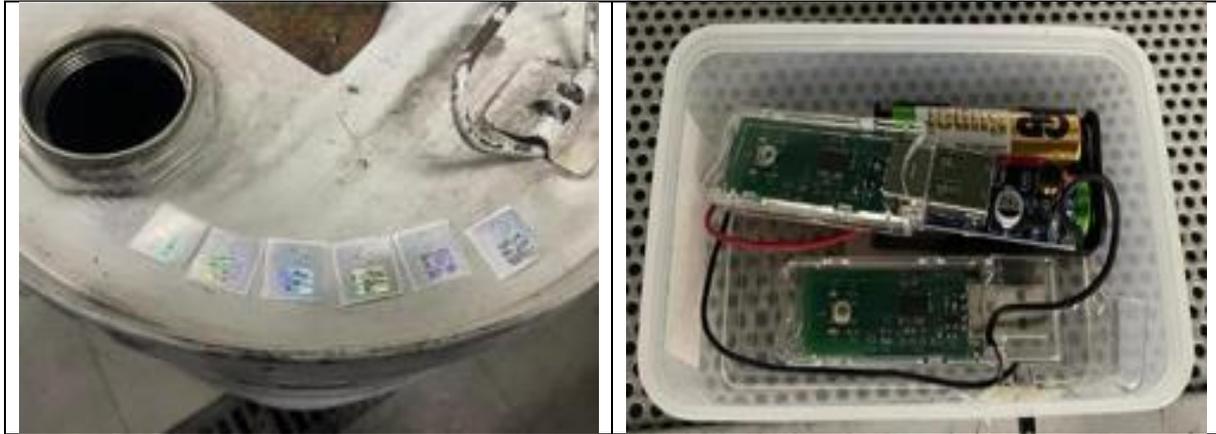


Figure 2.2 – Vue générale des dispositifs R3 et R7



Figure 2.3 – R3 et R7 installés

La caractéristique de vitesse externe (ESC) du moteur avec les dispositifs R3 et R7 installés a été obtenue. Pour des données plus détaillées, voir le Tableau B1 en Annexe.

La consommation de carburant et les paramètres environnementaux sont présentés dans les Tableaux 2.4 et 2.5.

#	Paramètre Measurement	Unités	Value							
			#1		#2		#1		#2	
1	Speed of rotation	min ⁻¹	2497	2501	2493	2503	3502	3507	3496	3508
2	Throttle position	%	40	60	40	60	40	60	40	60
3	Puissance	HP	37.9	40.8	37.2	41.1	53.8	64.9	53.7	64.1
4	Puissance	KW	27.9	30.1	27.4	30.3	39.7	47.9	39.6	47.3
5	Couple	Nm	106.8	114.7	105.1	115.5	108.2	130.4	108.2	128.7
6	Consommation de carburant (stand)	g/min	138.0	138.0	132.0	144.0	198.0	228.0	198.0	228.0
7	Consommation spécifique de carburant	g/KWh	296.8	275.1	289.1	285.1	299.2	285.6	300.0	289.2

Table 2.4 – Détermination des paramètres en régime stable

#	Paramètre	Unités	Value			
			2510	2501	3503	3505
1	Speed of rotation	min ⁻¹	2510	2501	3503	3505
2	Throttle position	%	40	60	40	60
3	Puissance	HP	38.4	40.9	54.8	66.3
4	Puissance	KW	28.3	30.2	40.4	48.9
5	Couple	Nm	107.7	115.3	110.1	133.3
6	Consommation de carburant (stand)	g/min	144.0	144.0	198.0	228.0
7	Consommation de carburant (poids)	g/min	115.0	117.0	168.0	183.0
8	Consommation spécifique de carburant	g/KWh	243.8	232.5	249.5	224.5
9	CO	%	2.089	1.827	4.273	3.592
10	CO ₂	%	13.93	14.26	12.90	13.42
11	CH	mln ⁻¹	141.0	70.0	73.0	52.0
12	O ₂	%	0.254	0.182	0.130	1.443
13	λ		0.949	0.954	0.889	0.962

Table 2.3 – Détermination de la consommation de carburant et des paramètres environnementaux

Sur la base des résultats de l'essai, une analyse récapitulative des valeurs de paramètres obtenues a été réalisée. Une ESC comparative est présentée dans la Figure 2.5.

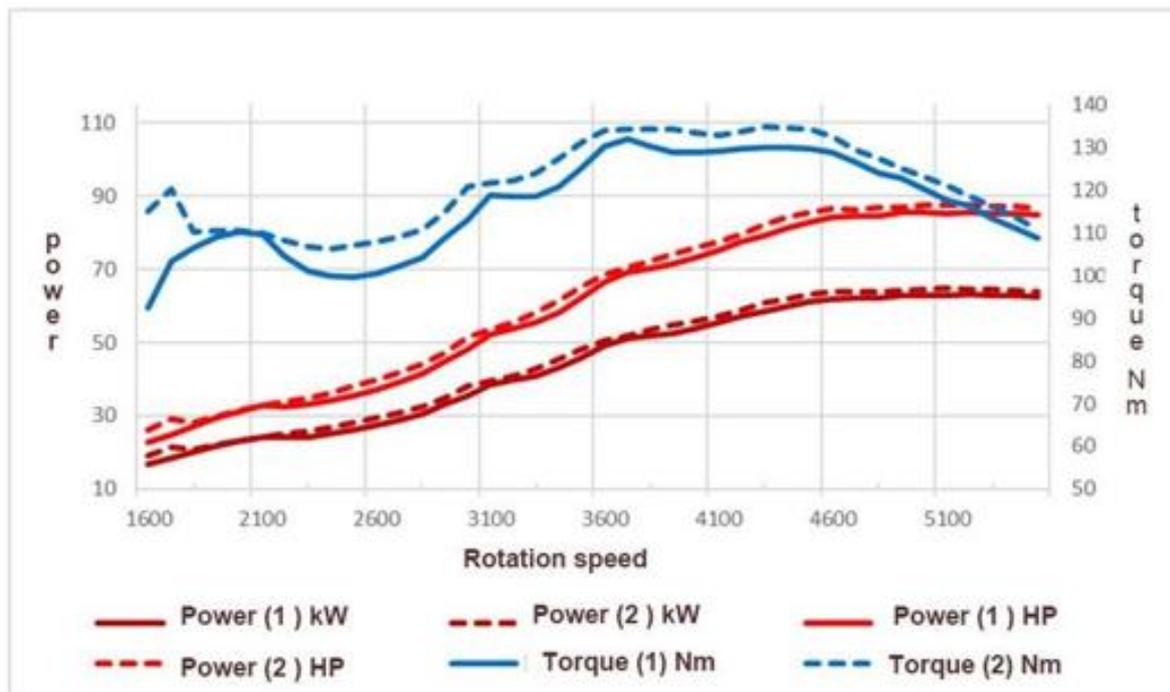


Figure 2.5 – ESC comparative, où (1) est le moteur de base, et (2) est le moteur avec les dispositifs R3 et R7 installés.

Le Tableau 2.6 présente les valeurs comparatives à l'état stable.

#	Paramètre Measurement	Unités	Basic engine				With R3 and R7			
1	Speed of rotation	min ⁻¹	2570	2496	3500	3499	2510	2501	3503	3505
2	Throttle position	%	40	60	40	60	40	60	40	60
3	Puissance	KW	26.2	27.0	37.1	44.7	28.3	30.2	40.4	48.9
4	Consommation de carburant (poids)	g/min	118.0	133.0	171.0	207.0	115.0	117.0	168.0	183.0
5	Consommation spécifique de carburant	g/KWh	269.8	295.8	276.2	277.6	243.8	232.5	249.5	224.5
6	Réduction de la consommation	%	-	-	-	-	9.6	21.4	9.7	19.1
7	CO	%	2.341	1.847	4.485	3.612	2.089	1.827	4.273	3.592
8	CO ₂	%	14.56	14.79	14.35	14.43	13.93	14.26	12.90	13.42
9	CH	mln ⁻¹	201.0	204.0	153.0	125.0	141.0	70.0	73.0	52.0
10	O ₂	%	0.954	0.658	0.561	1.286	0.254	0.182	0.130	1.443
11	λ		1.058	1.042	1.031	1.026	0.949	0.954	0.889	0.962

Table 2.6 – montre les valeurs comparatives en régime stable

En analysant les données obtenues, nous pouvons noter une réduction significative de la consommation spécifique de carburant dans plusieurs modes (2500 tr/min et 3500 tr/min avec une ouverture de papillon de 60 %), atteignant une valeur de 21,4 %. Il convient également de souligner une légère amélioration des indicateurs environnementaux.

Pour déterminer les modes de fonctionnement du moteur qui obtiennent l'effet maximal et minimal de l'influence des dispositifs R3 et R7, il est nécessaire de réaliser un cycle d'essai selon un programme étendu. Ces tests permettront d'enregistrer les zones des modes de fonctionnement du moteur et de les comparer avec les principaux modes présentés sur les cyclogrammes de mouvement du véhicule, ainsi que de sélectionner des tests et des conditions de fonctionnement optimaux pour effectuer des essais routiers à grande échelle.

Conclusion

À la suite des essais des dispositifs R3 et R7 installés sur les éléments du système de carburant et le câblage électrique du banc d'essai basé sur le moteur V-21126, les résultats obtenus ont confirmé l'efficacité de ces dispositifs et, par conséquent, une augmentation des paramètres effectifs et une amélioration des paramètres environnementaux du moteur. Lors des essais, il a été révélé qu'il y a une réduction de la consommation spécifique de carburant après le fonctionnement des dispositifs R3 et R7 pendant 6 jours. Les résultats du traitement des données expérimentales montrent que dans l'ensemble de la gamme des modes de vitesse de la caractéristique de vitesse externe, l'augmentation intégrale moyenne de la puissance était de 4,2 %, et l'augmentation du couple était de 4,4 %. Au régime de 2500 tr/min, avec une ouverture de papillon de 60 %, la réduction maximale de la consommation de carburant a atteint des valeurs de 21,4 % par rapport au niveau de consommation de carburant du moteur sans les dispositifs R3 et R7. Il convient de noter que pour une évaluation complète des données expérimentales obtenues et une étude plus approfondie du résultat obtenu

dans une large gamme de modes de fonctionnement du moteur, il est conseillé de réaliser des études supplémentaires visant à déterminer la physique du processus, à effectuer un indexage du moteur, à évaluer un plus grand nombre de paramètres du moteur testé (température et composition des gaz d'échappement, flux de chaleur locaux à la surface de la chambre de combustion) et à simuler le processus de travail en utilisant des méthodes modernes de dynamique des fluides computationnelle pour obtenir un modèle de processus de travail vérifié à l'aide des équations correspondantes de la cinétique chimique.

Liste des sources utilisées

1. Superflow – SF-902. Banc d'essai moteur. Manuel original/Pub.No.: 190322 Rev.: 1. Avril 2019
2. PM-03/2024-04

Annexe

Table A1- ESC of the base engine without R3, R7				Table B1-ESC of the engine with R3, R7			
Frequency of rotation, rpm	Power, kW	Power, HP	Torque, Nm	Frequency of rotation, rpm	Power, kW	Power, HP	Torque, Nm
1700	16,7	22,7	92,4	1700	19,3	26,1	115,0
1700	18,4	24,9	103,3	1700	21,4	29,0	120,3
1800	20,1	27,2	106,4	1800	20,8	28,2	110,2
1900	21,7	29,4	109,0	1900	22,0	29,8	110,5
2000	23,1	31,3	110,3	2000	23,1	31,4	110,5
2100	24,1	32,7	109,6	2100	24,2	32,8	109,8
2200	24,1	32,6	104,4	2200	25,0	33,8	108,3
2300	24,3	33	101,0	2300	25,7	34,9	106,7
2400	25,1	34,1	100,0	2400	26,7	36,2	106,3
2500	26,1	35,4	99,7	2500	28,0	38,0	106,9
2600	27,4	37,1	100,5	2600	29,4	39,8	107,8
2700	28,9	39,2	102,3	2700	30,8	41,8	109,0
2800	30,6	41,5	104,3	2800	32,5	44,1	110,8
2900	33,0	44,8	108,8	2900	34,8	47,2	114,7
3000	35,5	48,1	112,9	3000	38,0	51,5	120,8
3100	38,6	52,3	118,8	3100	39,5	53,6	121,7
3200	39,7	53,8	118,4	3200	40,9	55,5	122,1
3300	40,9	55,5	118,5	3300	42,8	58,1	124,0
3400	43,0	58,3	120,8	3400	45,4	61,5	127,4
3500	45,8	62,1	125,0	3500	48,1	65,2	131,2
3600	49,1	66,6	130,3	3600	50,4	68,4	133,8
3700	51,1	69,3	131,9	3700	52,0	70,5	134,2
3800	51,9	70,3	130,3	3800	53,4	72,3	134,1
3900	52,6	71,4	128,8	3900	54,8	74,3	134,2
4000	53,9	73,1	128,7	4000	55,9	75,8	133,4
4100	55,5	75,2	129,2	4100	57,1	77,4	132,9
4200	57,1	77,4	129,7	4200	58,8	79,7	133,7
4300	58,5	79,3	129,8	4300	60,7	82,2	134,7
4400	59,9	81,2	129,9	4400	62,0	84,1	134,6
4500	61,1	82,8	129,6	4500	63,2	85,7	134,2
4600	62,0	84,1	128,7	4600	63,8	86,5	132,4
4700	62,3	84,5	126,6	4700	63,7	86,3	129,4
4800	62,3	84,5	124,0	4800	64,0	86,8	127,3
4900	63,0	85,4	122,7	4900	64,2	87,0	125,0
5000	63,0	85,4	120,3	5000	64,4	87,4	123,1
5100	62,9	85,3	117,7	5100	64,7	87,7	121,1
5200	63,2	85,7	116,1	5200	64,5	87,5	118,5
5300	62,9	85,3	113,4	5300	64,4	87,3	116,1
5400	62,8	85,1	111,0	5400	64,2	87,1	113,6
5500	62,6	84,9	108,7	5500	63,8	86,6	110,8

Test results – Power and Torque