

DOSSIER TECHNIQUE

MOTEUR À DÉTENTE PROLONGÉE DE VÉHICULE «ECO-MARATHON SHELL»



1. Mise en situation :

Le système mécanique qui fait l'objet de l'étude est un Moteur à Détente Prolongée prototype utilisé dans la compétition «Éco-Marathon Shell» et développé par l'équipe TIM de l'Université Paul Sabatier et de l'INSA de Toulouse.

L'éco-marathon est une compétition qui voit s'affronter sur le circuit de Nogaro des lycéens, des étudiants et des ingénieurs venus de toute la France et de l'étranger (Japon, Brésil, Portugal, Finlande,...). Toutes les équipes ont pour seul but de consommer le moins possible aux commandes d'un véhicule entièrement conçu pour cette course, en étant totalement libre quant aux technologies employées.



Figure N° 1 : Image générale des équipes à Nogaro .

La course s'effectue sur 6 tours, soit 21,816 km, à une vitesse moyenne minimale de 25 km/h. La consommation est ensuite ramenée en nombre de kilomètres par litres de carburant.

La technologie développée par l'équipe TIM s'est révélée particulièrement pertinente puisque l'équipe a été vainqueur toutes catégories en 2000, 2ème derrière une équipe japonaise (à 0.01 g près !) en 2001 et premier en 2002 avec le record du monde de consommation : 3494 km/l. Elle a par ailleurs obtenue le premier prix de l'innovation en présentant en 1998 le moteur

à détente prolongée. Il est à noter que les applications présentées dans cette étude sont seulement proches de la réalité pour d'évidents problèmes de confidentialité compte-tenu de la compétition acharnée à laquelle se livrent les équipes de pointe.

2. Principe de la détente prolongée :

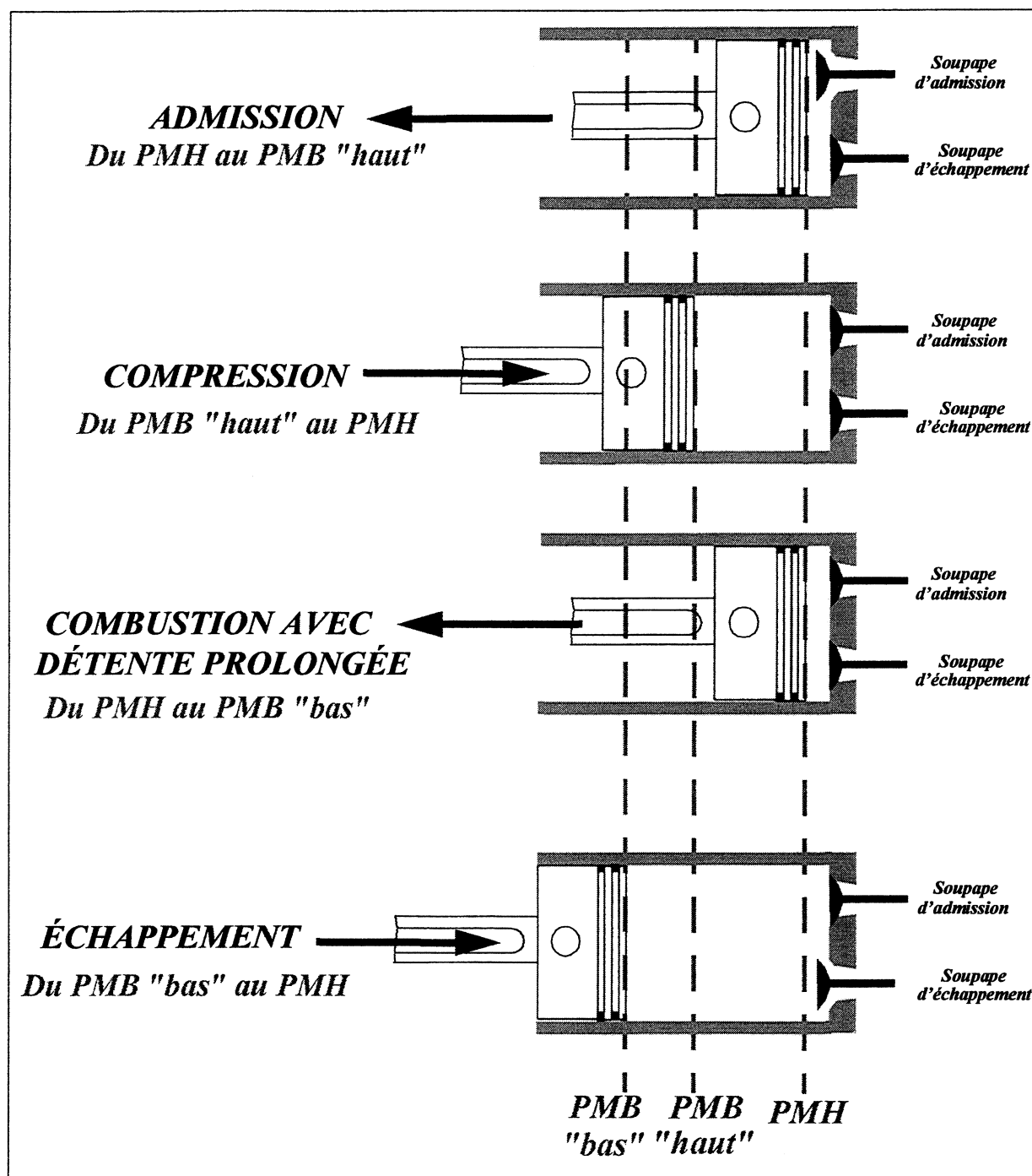


Figure N° 2 : Cycle à 4 temps à détente prolongée.

Le moteur à détente prolongée utilise un système piston-cylindre classique suivant un cycle à 4 temps. La cinématique particulière qui fera l'objet de l'étude permet d'obtenir deux

points morts bas : un point mort bas «haut» PMB-H et un point mort bas «bas» PMB-B ce qui permet d'obtenir une détente prolongée. Le point mort haut PMH est unique.

Le diagramme de Watt théorique d'un tel cycle est représenté figure n°3. L'aire ABCD représente le travail qu'il est possible de récupérer dans un cycle classique. La pression résiduelle après détente au point D est encore de 5 à 6 bars et l'ouverture de la soupape d'échappement provoque une chute indispensable mais prématurée de la pression des gaz. Dans le cas de la détente prolongée, l'ouverture de la soupape d'échappement se fait au point E à une pression plus faible.

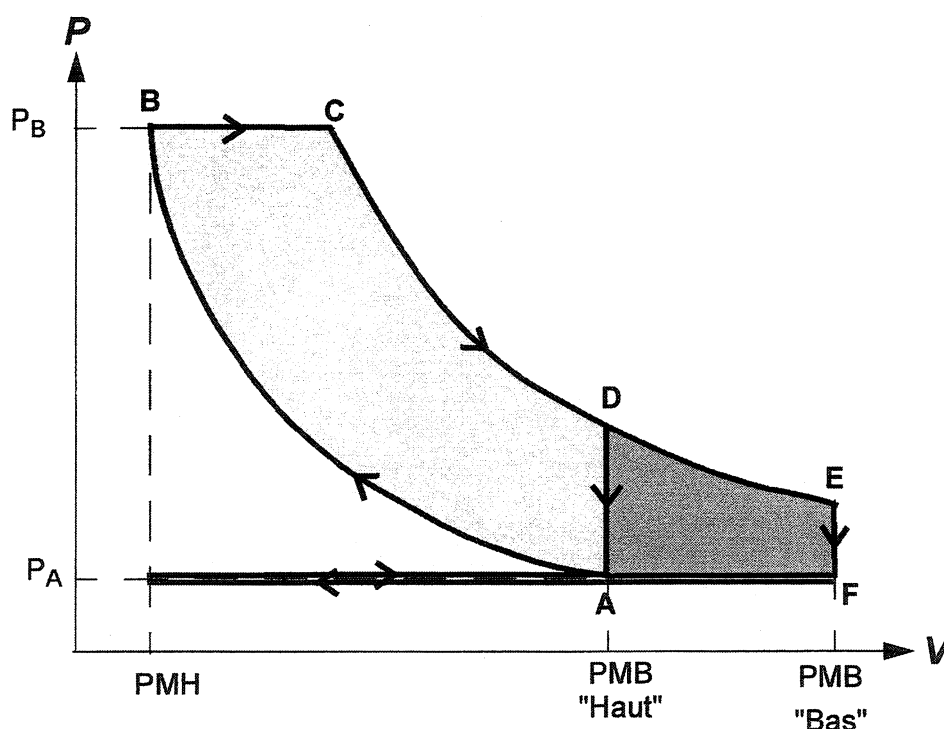


Figure N° 3 : Diagramme de Watt.

Les principaux avantages espérés ou avérés de cette technologie sont :

- Une réduction de la consommation d'environ 30 % en moyenne.
- L'adaptation à une combustion à mélange pauvre qui permet d'abaisser la teneur en CO des gaz d'échappement à moins de 1% en volume voire 0.5% couramment.
- Une température plus basse des gaz d'échappement donc de la soupape d'échappement ce qui autorise un fonctionnement continu à pleine charge.
- Un bruit inférieur du fait de la détente plus importante des gaz d'échappement.

Parmi les principaux inconvénients, on peut citer :

- *Une complexité mécanique accrue.*
- *Une puissance massique plus faible.*
- *Un équilibrage plus délicat d'un multicylindre.*

3. Description générale du moteur à détente prolongée :

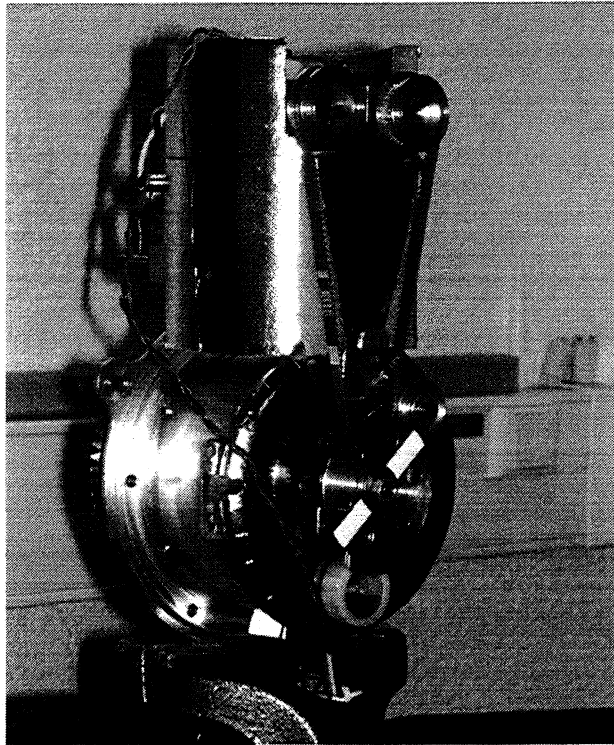


Figure N° 4 : Vue générale extérieure.

Caractéristiques générales du moteur :

- *Cylindrée 31 cm³.*
- *Régime nominal environ 2000 tr/mn.*
- *Injection directe, modèle spécifique au moteur TIM avec cartographie programmable.*
- *Puissance au régime nominal : environ 350W*
- *Fonctionnement intermittent du moteur (moins de 5% du temps d'utilisation) nécessitant un système original d'optimisation du maintien en température par vapeur d'eau.*

4. Réalisation :

Les documents techniques DT1 à DT3 représentent les plans d'un moteur à détente prolongée, le document DT4, une nomenclature partielle. La Figure n°5 représente l'équipage mobile en perspective. Pour obtenir la détente prolongée, le système bielle-manivelle classique est remplacé par un système proche des trains épicycloïdaux. La tête de bielle est insérée sur un pignon excentrique (voir aussi DR5). Ce pignon est guidé sur le vilebrequin et engrène sur la couronne fixe. Par un choix adapté de la géométrie et des rapports d'engrènement, le pignon excentrique se trouve en position basse ou haute aux points morts bas permettant ainsi d'obtenir la détente prolongée.

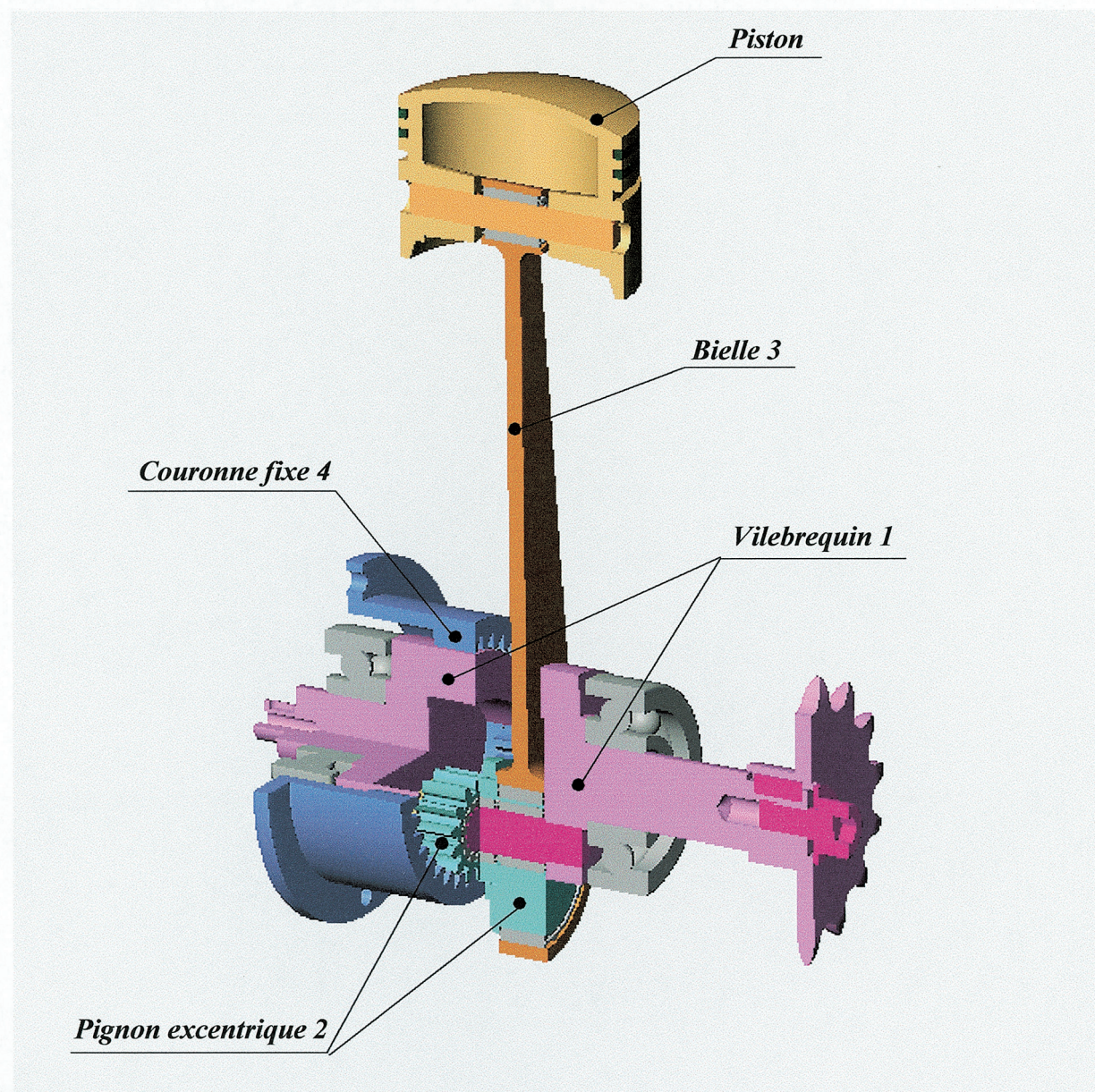
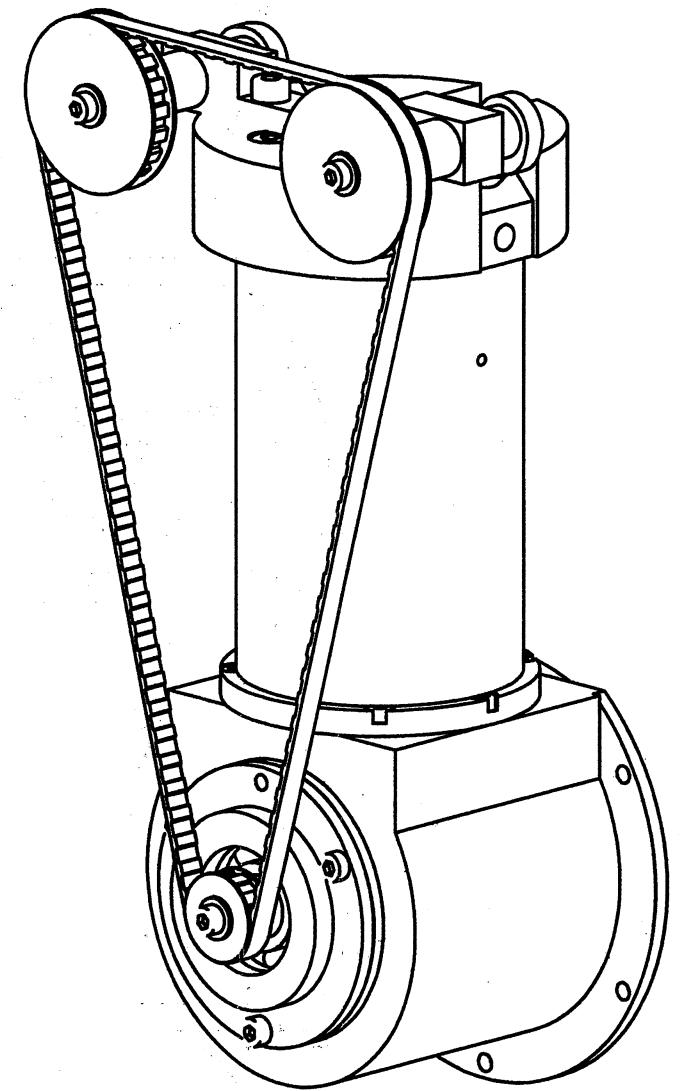
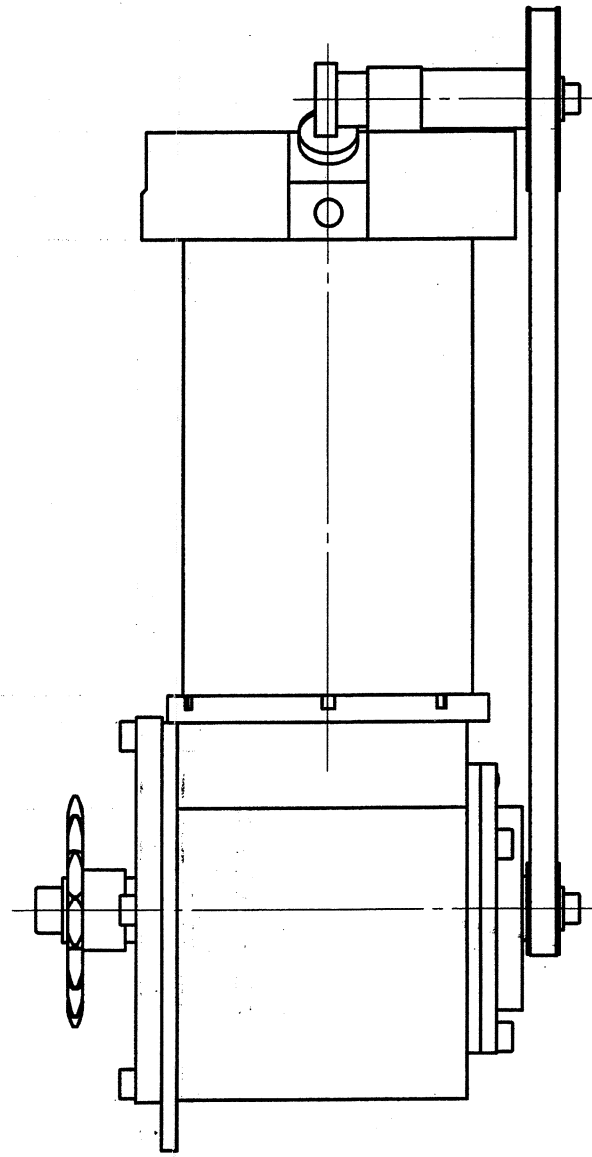
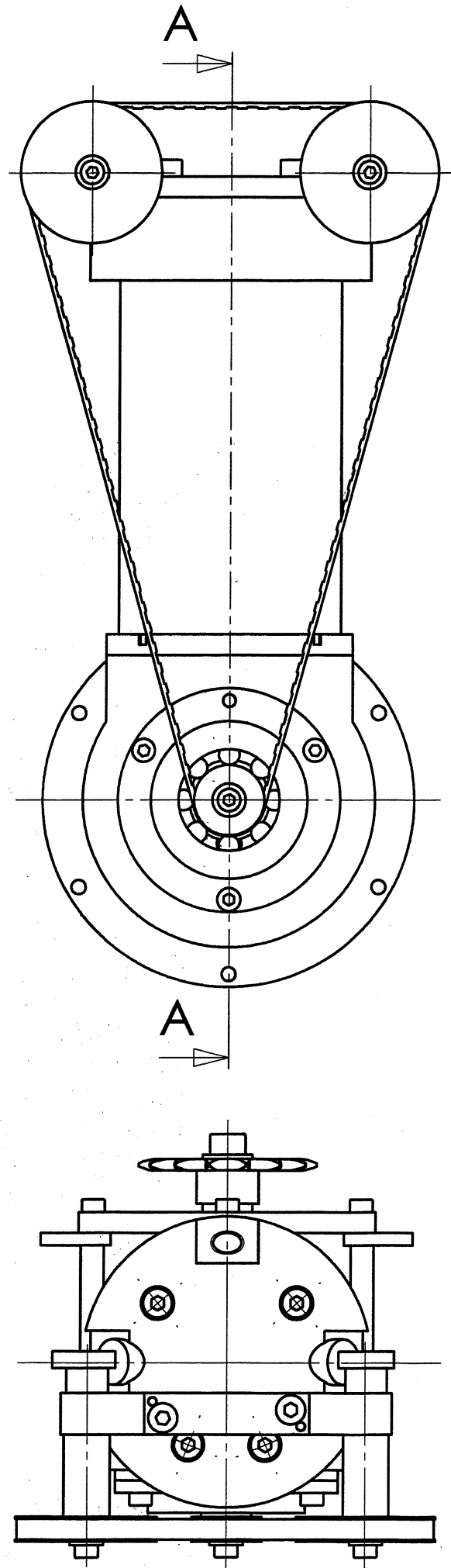
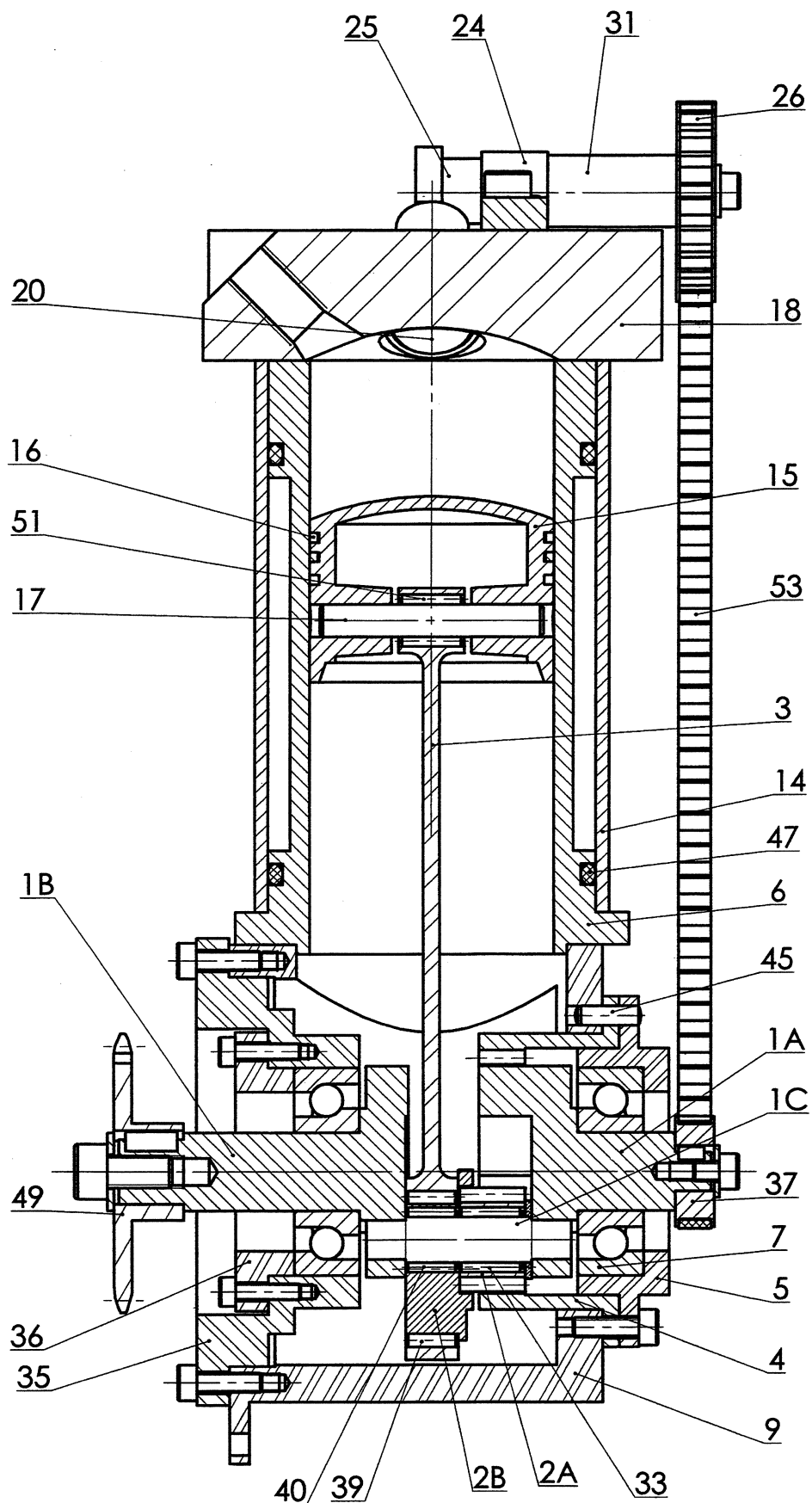


Figure N° 5 : Vue en perspective de l'équipage mobile.



MOTEUR A DETENTE PROLONGEE	A3
ECHELLE : 1:1.414	DOCUMENT TECHNIQUE 1



A-A

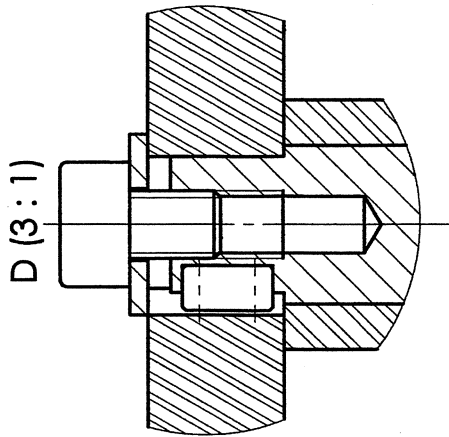
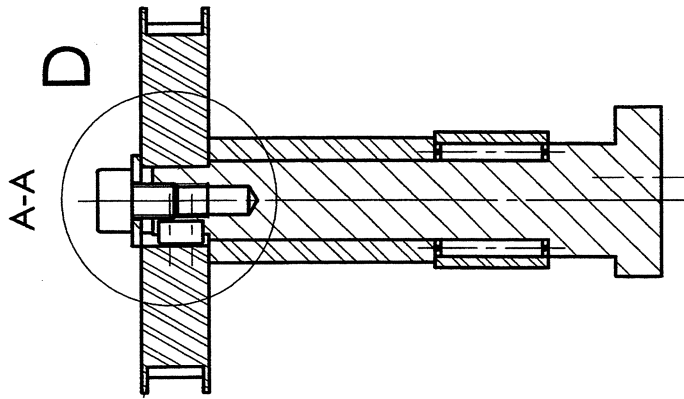
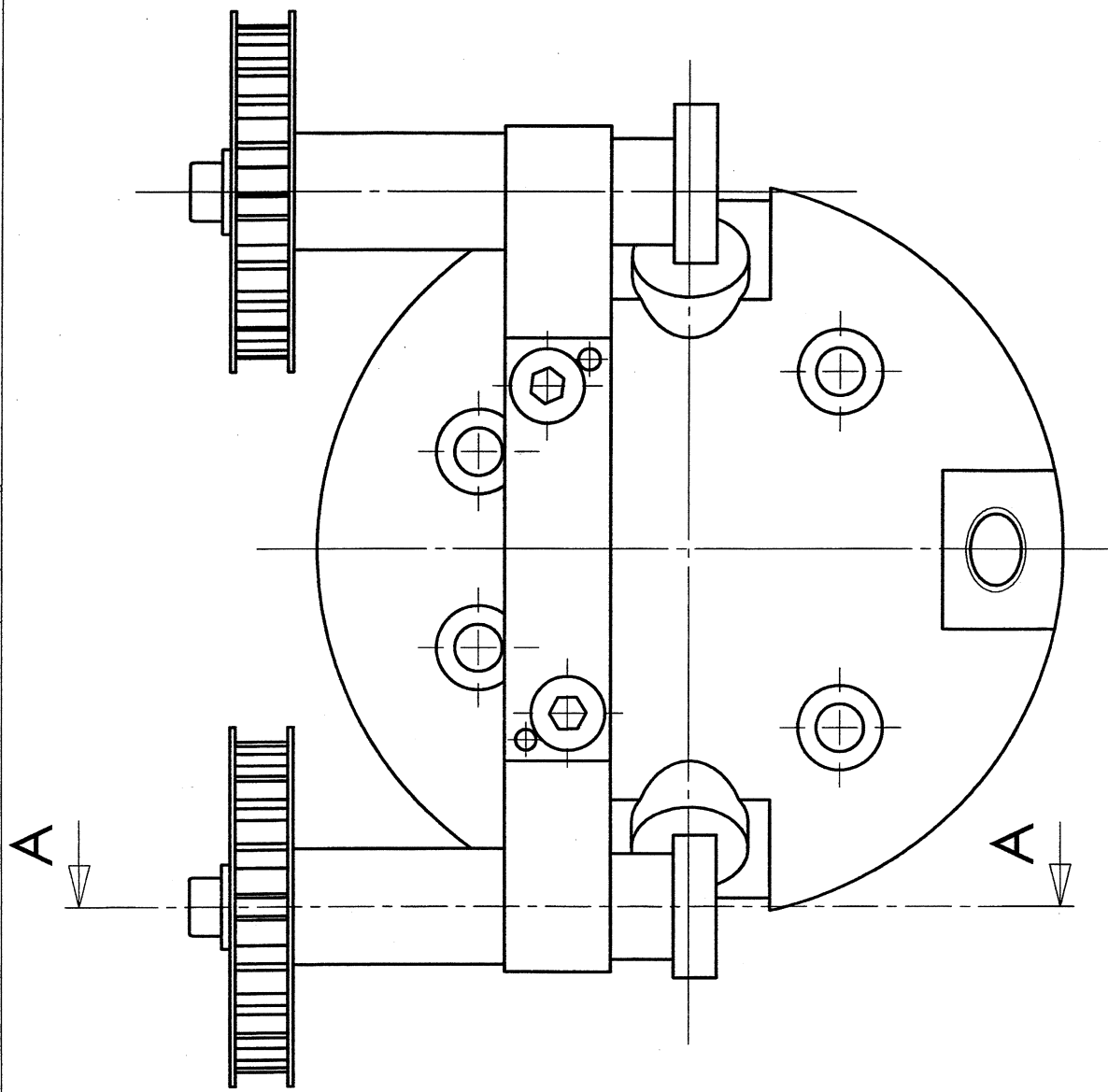
MOTEUR A DETENTE PROLONGEE

A4

EHELLE 1:1

DOCUMENT TECHNIQUE 2

0031-Bc



Document Technique 4 (DT4)

Nomenclature du moteur à détente prolongée (plan DT2).

Nota : Les pièces non répertoriées dans la nomenclature ne présentent pas d'intérêt pour la compréhension du sujet.

Repère	Quantité	Désignation
53	1	Courroie crantée
51	1	Cage à aiguilles
49	1	Pignon à chaîne Z=14
47	2	Joint torique
45	1	Goupille positionnement cylindrique
40	1	Cage à aiguilles
39	1	Cage à aiguilles
37	1	Poulie crantée Z=10
36	1	Couvercle gauche
35	1	Chapeau gauche
33	2	Cage à aiguilles
31	2	Entretoise
26	2	Poulie crantée Z=20
25	2	Came
24	1	Guide came
20	2	Soupape
18	1	Culasse
17	1	Axe de piston
16	2	Segment
15	1	Piston
14	1	Carter haut extérieur
9	1	Carter bas
7	2	Roulement à billes à contact oblique
6	1	Chemise
5	1	Couvercle droit
4	1	Couronne fixe à denture droite Z=35
3	1	Bielle
2B	1	Excentrique
2A	1	Pignon à denture droite Z= 14
1C	1	Axe de vilebrequin
1B	1	Vilebrequin gauche
1A	1	Vilebrequin droit