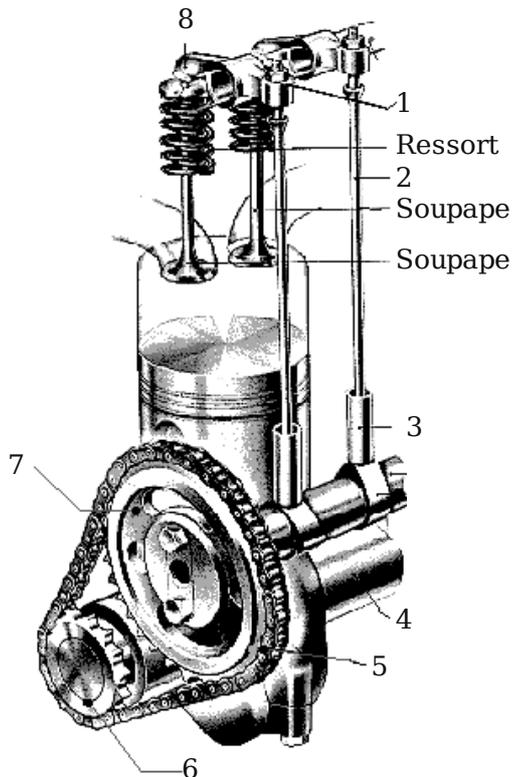


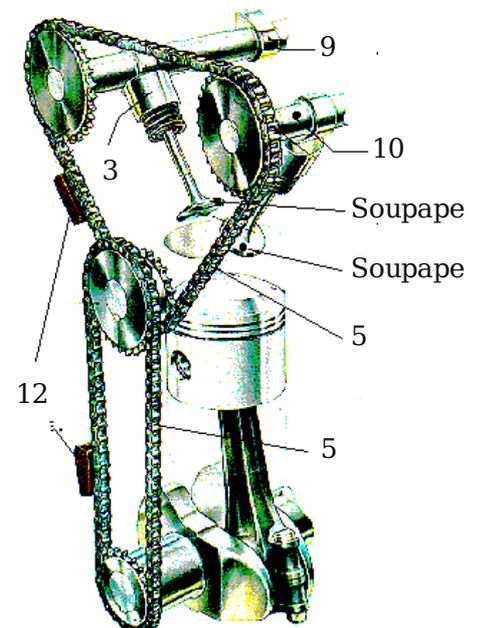
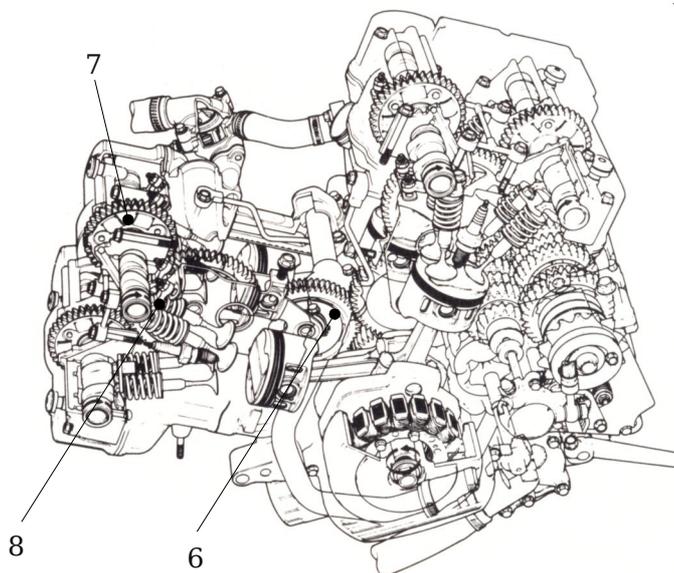
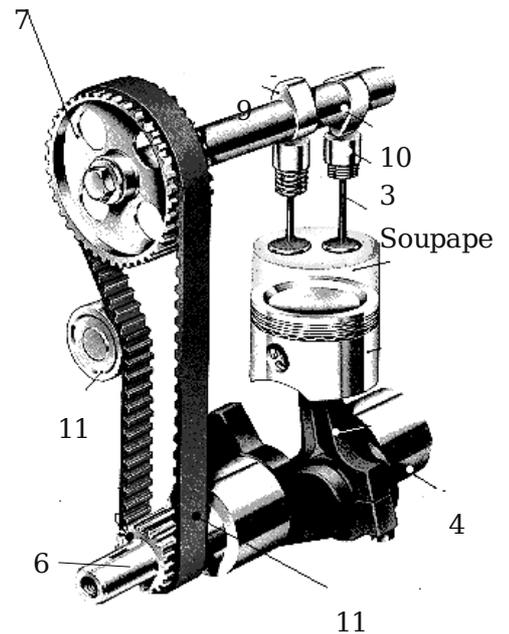
LA COMMANDE DE SOUPAPE

La commande de soupape permet de contrôler l'ouverture et la fermeture des soupapes pour réaliser le cycle 4 temps en limitant l'usure et l'inertie des pièces en mouvement.

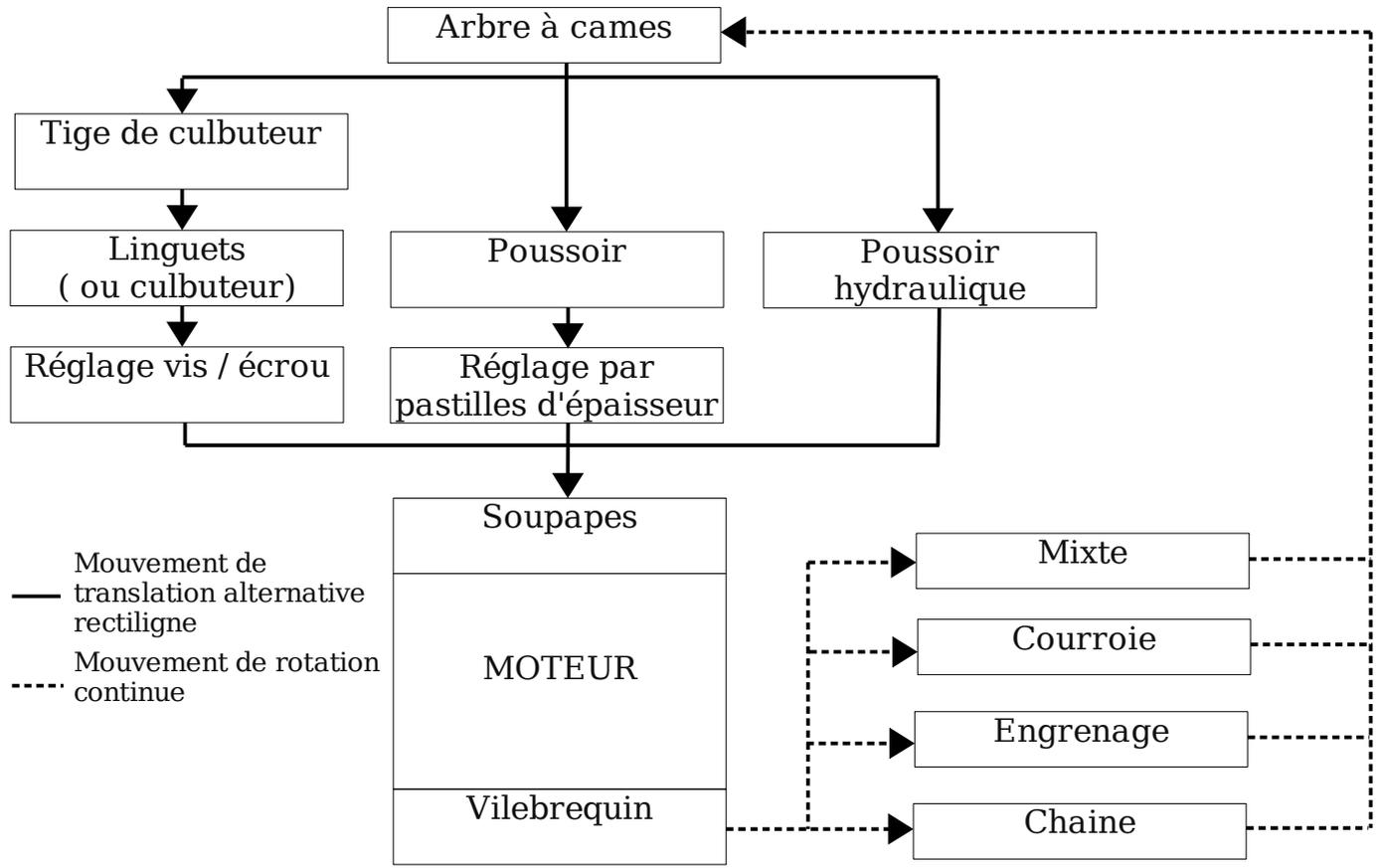
*La commande des soupapes d'admission et d'échappement se fait généralement à l'aide d'un ou plusieurs arbres à cames **tournant à la moitié de la vitesse du vilebrequin.***
(vidéo cycle complet)



- 1: Vis de réglage
- 2: Tige de culbuteur
- 3: Poussoir
- 4: Vilebrequin
- 5: Chaîne
- 6: Pignon de vilebrequin
- 7: Pignon d'arbre à cames
- 8: Linguets (ou culbuteur)
- 9: Cames
- 10: Arbre à came
- 11: Galet tendeur
- 12: Patins de guidage



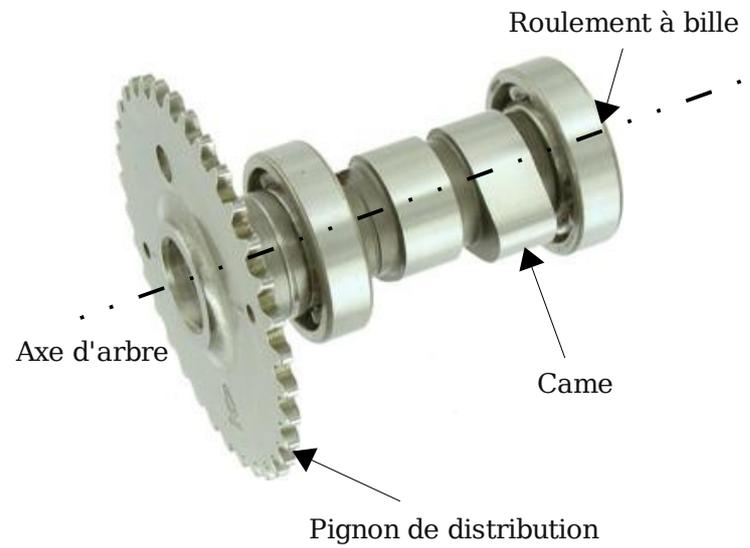
Exemple d'implantation possible



L'ARBRE A CAMES

*L'arbre à cames est une pièce mécanique utilisée dans les moteurs à combustion interne à 4 temps pour la commande des soupapes. Il se compose d'une tige cylindrique **disposant d'autant de cames que de soupapes à commander***

Exemple pour 2 soupapes



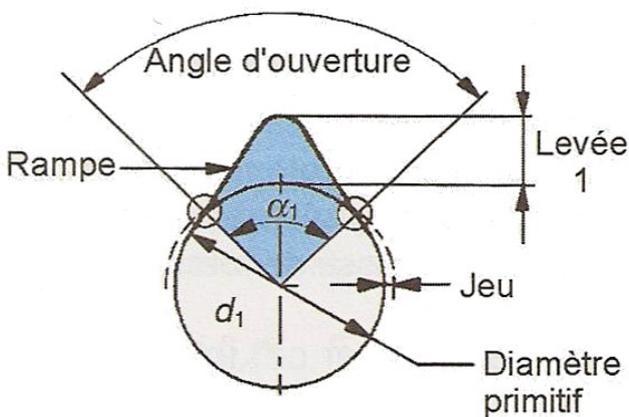
a) Matériaux

On utilise en général, pour les moteurs de grande série, **des fontes trempées** sur les cames et les tourillons.

La fonte trempée atteint une bonne dureté et conserve un coefficient de frottement très bas ; en outre, son prix est modéré. Pour des moteurs plus sollicités, on utilise **des aciers cémentés**.

b) Les cames (voir vidéo cycle complet, animation came)

Les cames sont les parties de l'arbre venant commander l'ouverture des soupapes. Leurs formes est très importantes dans le rendement du moteur.



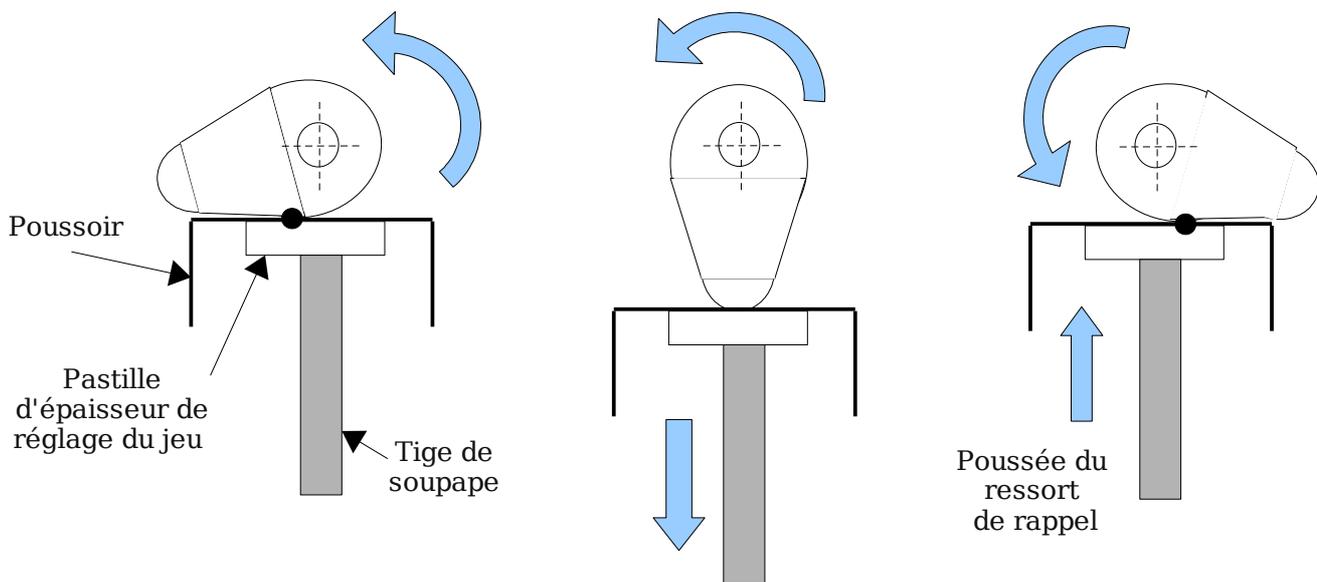
- **L'angle d'ouverture** : angle pendant lequel la soupape est ouverte. Cette angle n'est pas obligatoirement symétrique par rapport à l'axe médian

- **La rampe** : pente de la came permettant l'ouverture et la fermeture progressive de la soupape. Si cette pente est trop brutale, il y a risque d'affolement des soupapes par une accélération trop élevée.

- **La levée de soupape** : hauteur d'ouverture maximale de la soupape

- **Le diamètre primitif** : diamètre de base du cercle de la came. Le diamètre primitif n'est pas en contact avec la soupape dû au jeu de fonctionnement pour permettre une fermeture totale de la soupape .

Exemple de fonctionnement

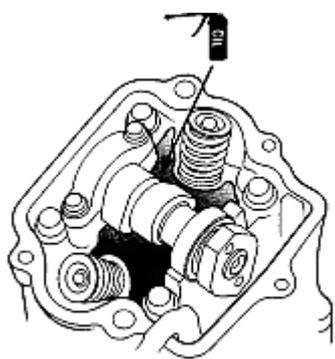
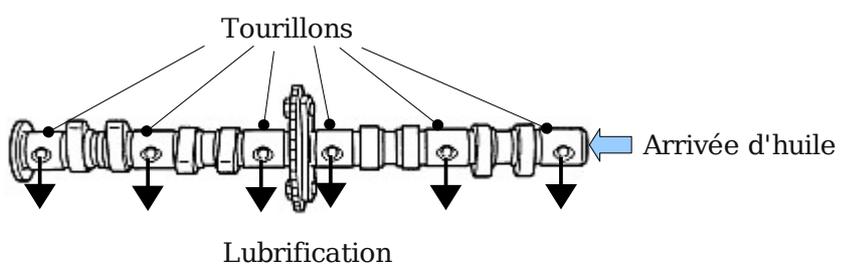
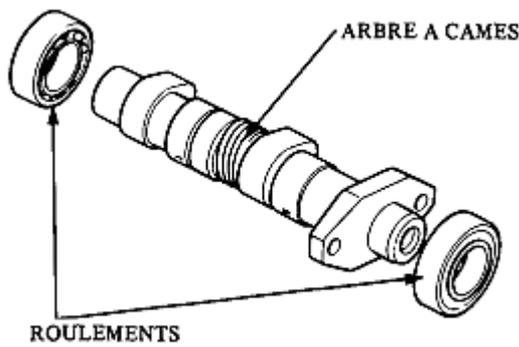
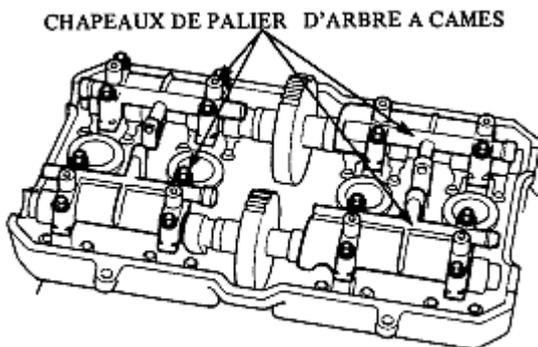


Début d'ouverture de la soupape Pleine ouverture de la soupape Fermeture de la soupape

La came doit parcourir un certain angle de rotation avant l'ouverture complète de la soupape

c) La réduction de frottement de l'arbre à cames

L'arbre à cames étant une pièce en rotation par rapport à la culasse, il est nécessaire de prévoir un dispositif réduisant les frictions.



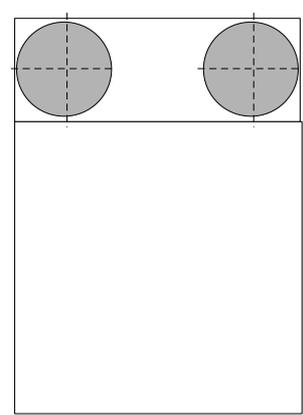
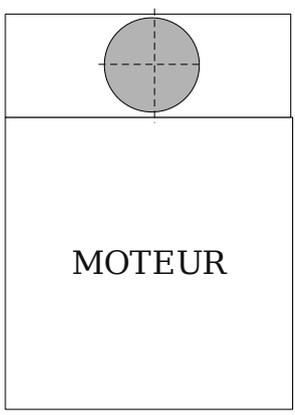
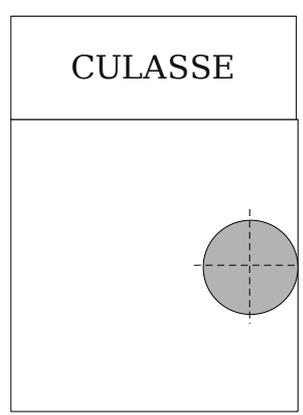
Montage palier / tourillon
Lubrifié par huile sous pression

Montage sur roulement

d) Implantation des arbres à cames

Selon la disposition des cylindres et celle des soupapes on peut trouver des moteurs ayant un ou deux, voire plus pour les moteur en V, arbres à cames en tête.

Les arbres à cames en tête permettent une attaque plus directe sur les soupapes. Le nombre de pièces en mouvement, les jeux et les usures sont ainsi diminués.



Arbre à came latéral
Nécessite des tiges de transmission de mouvement

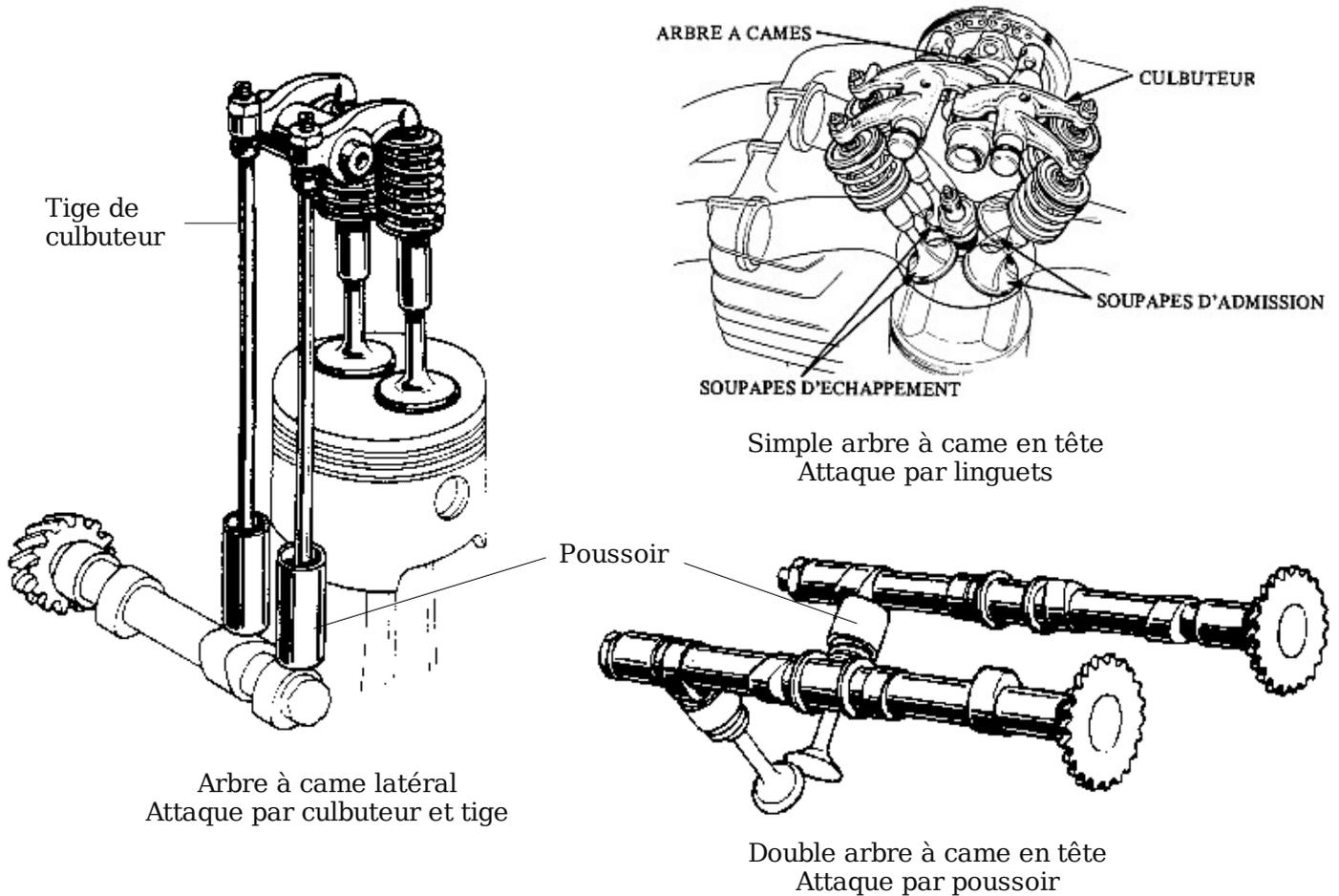
Arbre à came en tête

Double arbre à came en tête

LES SYSTEMES DE POUSSEE DE SOUPE

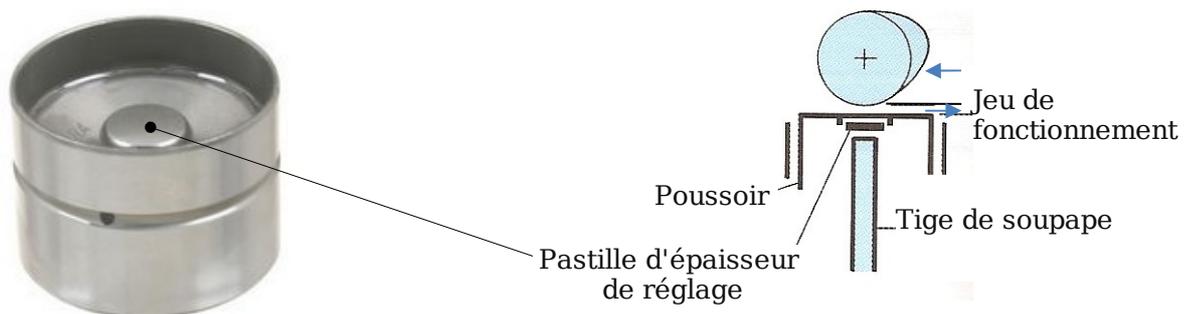
Les cames n'attaquent jamais directement les soupapes. Il y a obligatoirement une interposition de pièces. La came n'est pas obligatoirement en contact pour permettre une dilatation de la soupape et garder une étanchéité correcte.

Exemple de montage courant



a) Le poussoir à godet (vidéo pastille)

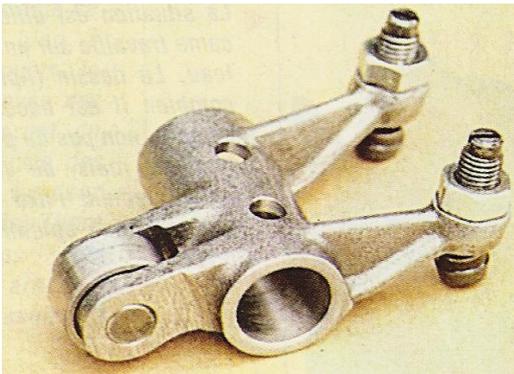
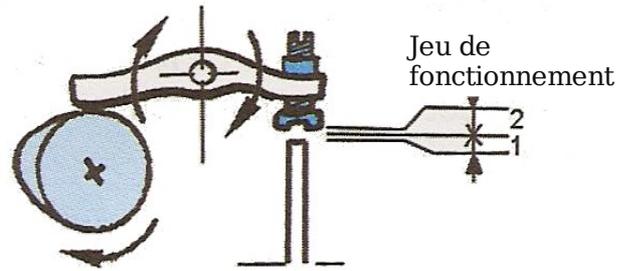
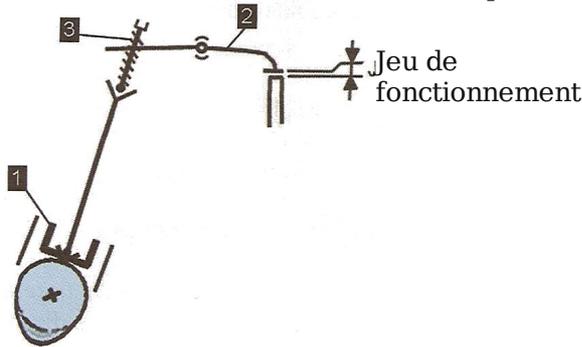
Des poussoirs sont interposés entre les cames et les soupapes. Ils servent d'intermédiaire entre le mouvement de rotation des cames et le mouvement rectiligne des soupapes.



b) Les culbuteurs (ou linguets) (vidéo linguets) :

Un culbuteur est un levier basculant qui reçoit en un point la poussée de la came, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une tige, et par un autre point pousse la soupape en ouverture. Le principal inconvénient de ce montage est le nombre de pièces en mouvement et leur inertie.

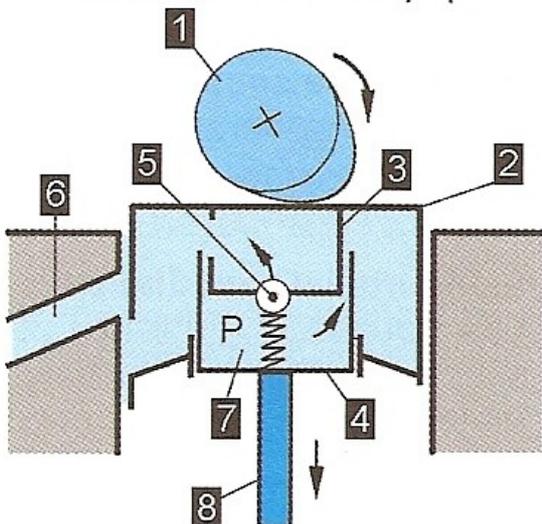
Exemple de montage courant



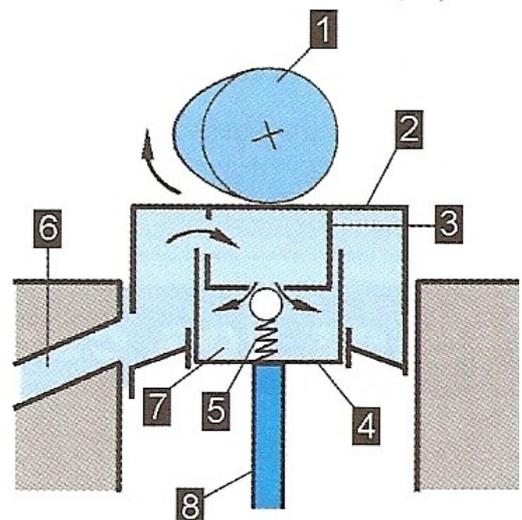
Culbuteur monté sur galet adapté aux moteurs haute performance

c) Pousoir hydraulique:

Ouverture de la soupape



Fermeture de la soupape



- 1: Came
- 2: Pousoir
- 3: Piston
- 4: Cylindre
- 5: Clapet
- 6: Canal d'arrivée d'huile
- 7: Chambre de pression
- 8: Queue de soupape

LES SYSTEMES D'ENTRAINEMENT D'ARBRE A CAMES

Il existe trois principales méthodes d'entrainement de l'arbre à cames, par chaîne courroie cranté ou train d'engrenage. Dans tout les cas l'arbre à cames tourne à demi vitesse du vilebrequin.

Rapport = Nombre de dent pignon vileo / nombre de dent pignon Arbre = 1/2.

<http://www.tpmaint.com/dosmoteur/calagepiston.swf>

Exemple sur 1 tour de vilebrequin

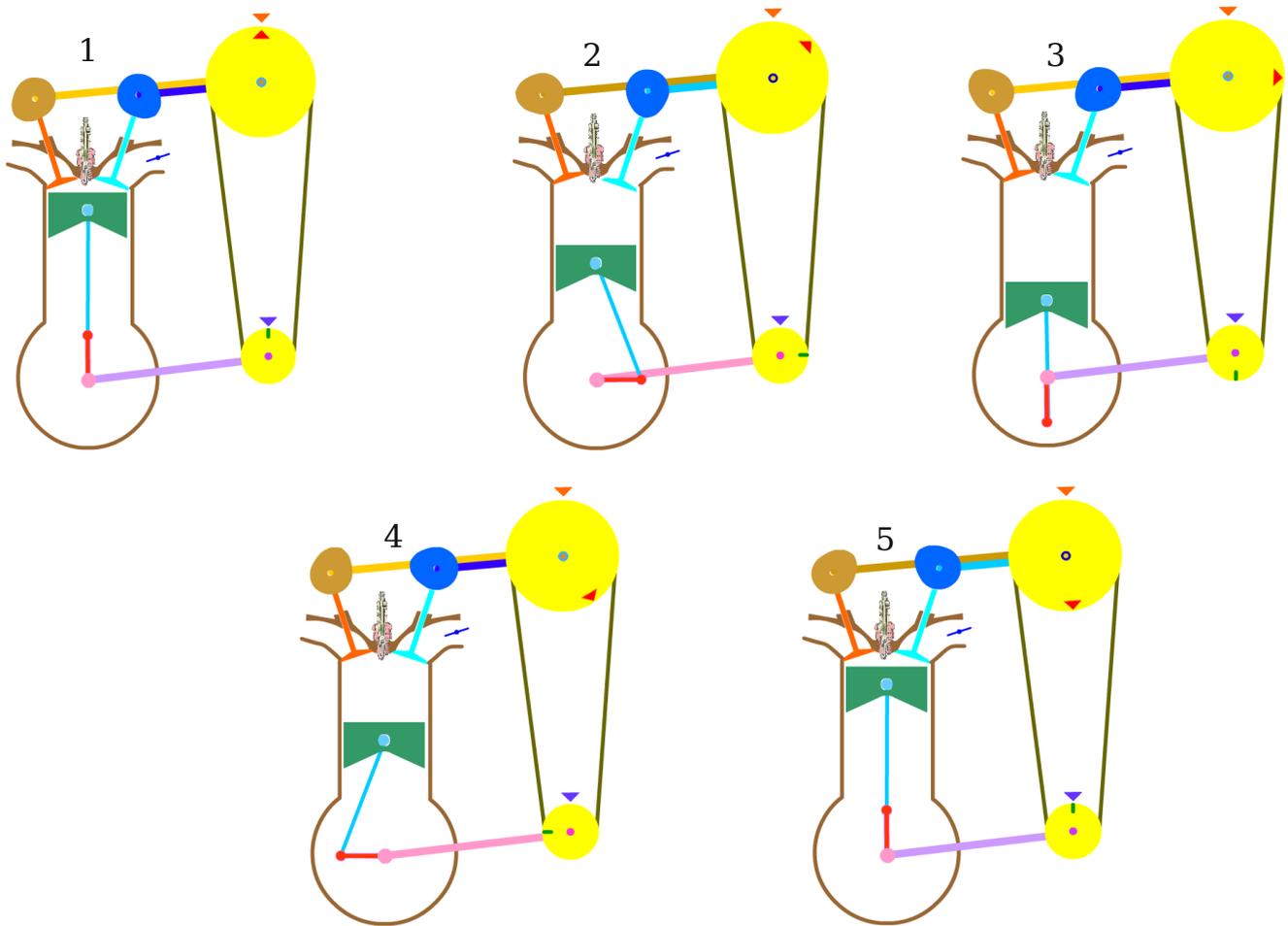
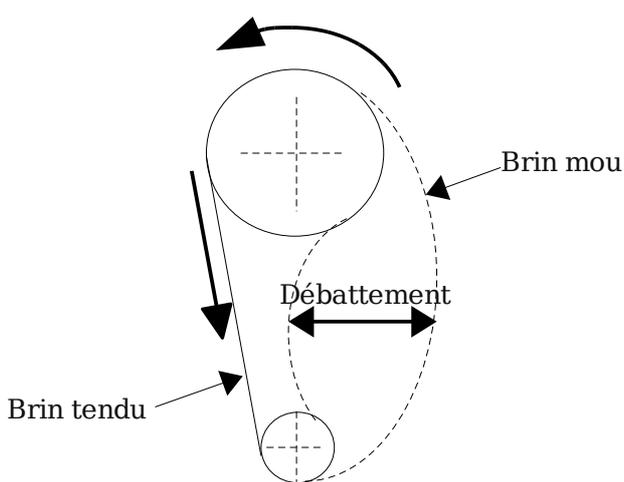


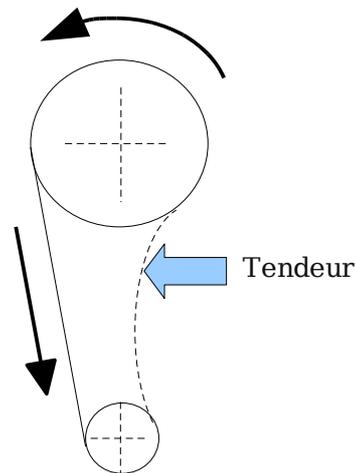
Schéma	Angle vileo	Positon Piston	Position ACT	Soupape Adm	TEMPS
1	0	PMH	0	Début ouverture	Admission
2	90	Mi course	45	Ouverture totale	
3	180	PMB	90	fermeture	
4	270	Mi course	135	fermé	Compression
5	360	PMH	180	fermé	

a) Entraînement par pièces déformables

Pour des raisons de cout de fabrication et d'alignement, l'entraînement par pièces déformables est courant mais impose un système de rattrapage de déformation pour éviter l'usure des pièces externes et internes



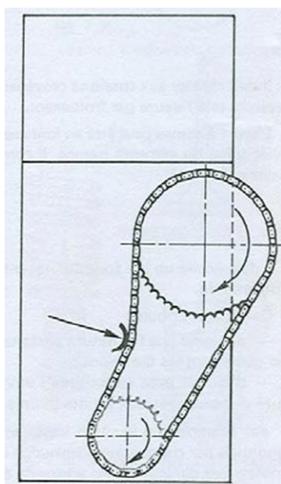
Le pignon de vilebrequin tire sur le pignon de l'arbre, le brin tendu est tendu. A l'inverse, le pignon de vilebrequin pousse sur la chaîne se qui la détend risquant une détérioration des pièces externe ou un déraillement.



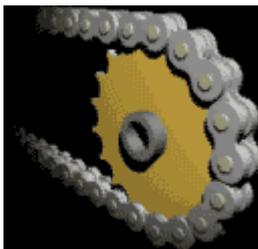
Avec un tendeur, le brin mou est toujours maintenu évitant les problèmes.

- Entraînement par chaîne :

La transmission par chaîne permet de réduire le frottement et autorise des vitesses de rotation élevées. Cependant, elle nécessite une lubrification régulière et un alignement des arbres précis.



Transmission par chaîne
Arbre a came latéral



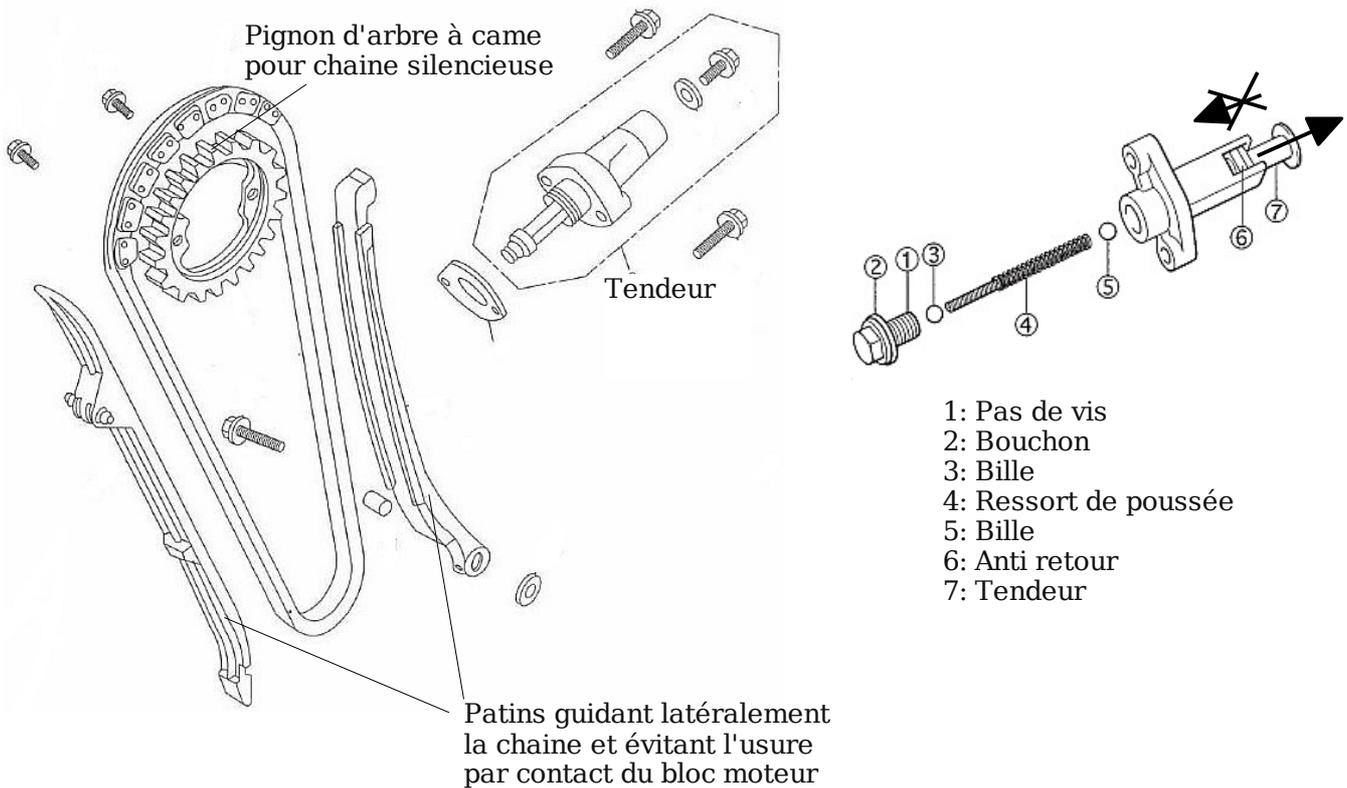
Chaîne à rouleau



Chaîne HY-VO
(silencieuse)

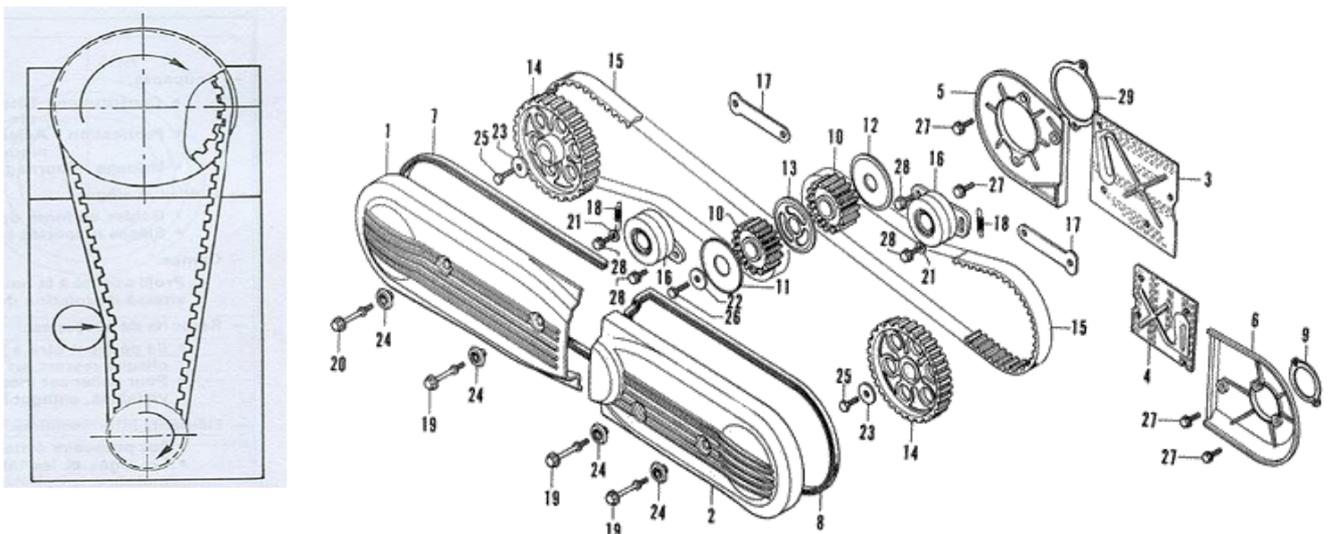
- **La tension de chaîne**

Le tendeur dispose toujours d'un système anti retour, il peut être manuel, automatique à l'aide d'un ressort ou assisté hydrauliquement

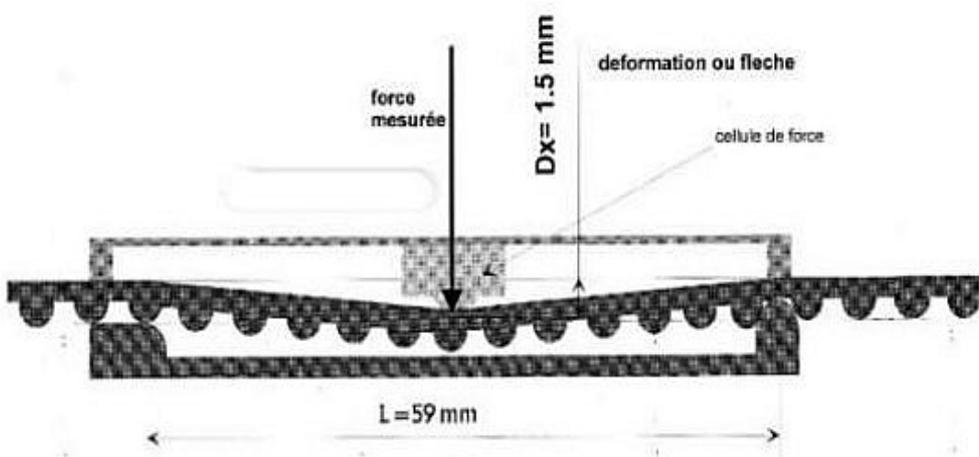
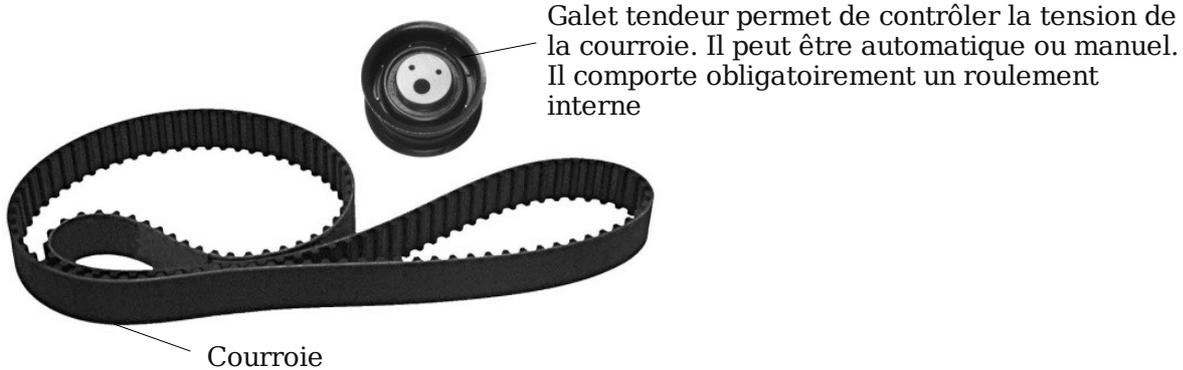


- **Entraînement par courroie**

Entraînement par courroie est silencieux et peut entraîner plusieurs autre poulie sur un même plan. Mais une courroie nécessite théoriquement un entretien plus régulier qu'une chaîne et une fréquence de rotation moindre.



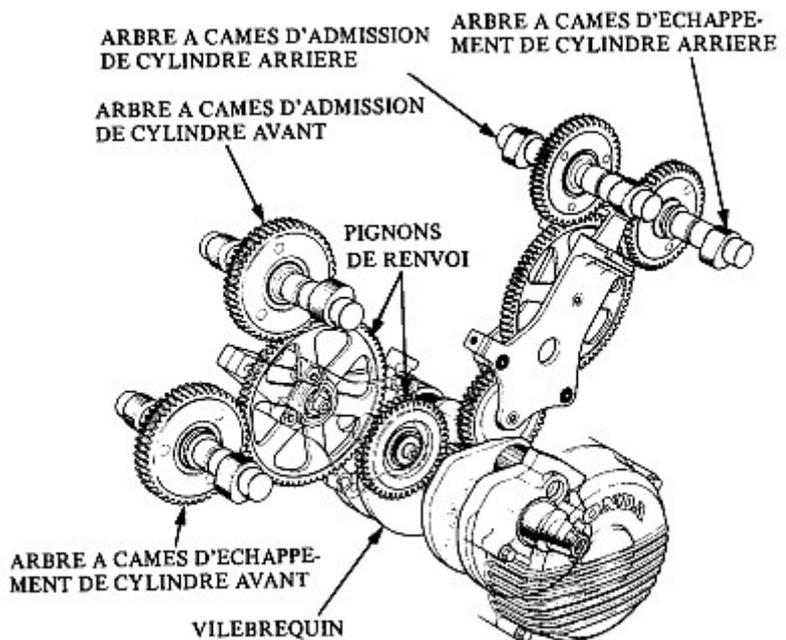
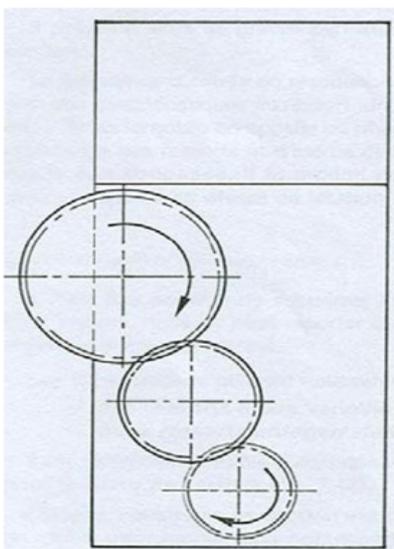
• **La tension de courroie**

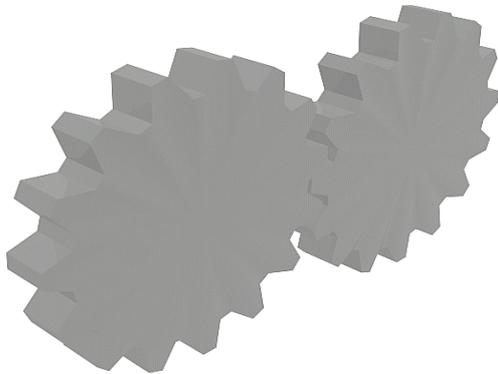


Méthode de contrôle de la tension de courroie avec un appareil spécial

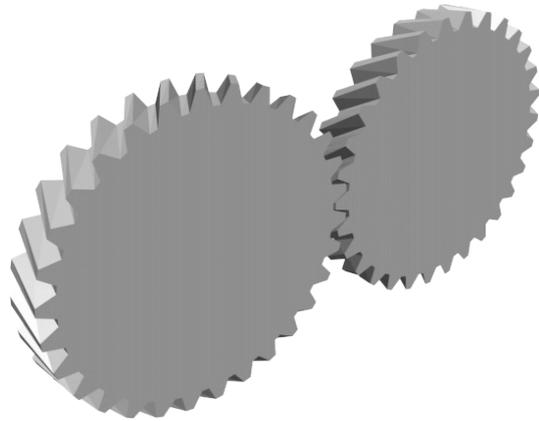
c) Entraînement non déformable

L'utilisation de train d'engrenage nécessite un surcout de fabrication mais en contrepartie, ce type d'entraînement ne nécessite aucun entretien.



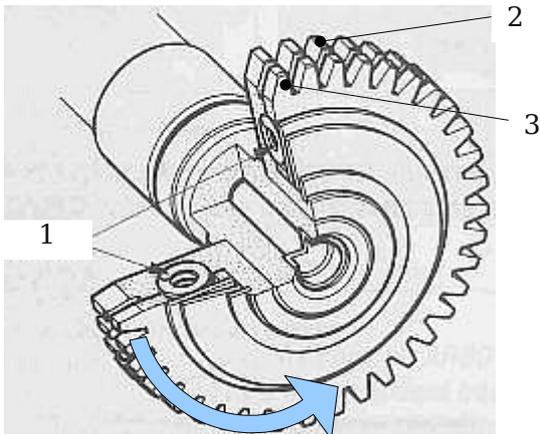


Taille droite
 Faible cout de fabrication
 Bruyant



Taille hélicoïdale
 Cher
 Silencieux

Sur certains modèle d'engrenage à **taille droite**, un dispositif de rattrapage de jeu à été ajouté dans le bruit de réduire le bruit de roulement et les vibrations.



1 : Ressort : met en pression la denture de rattrapage

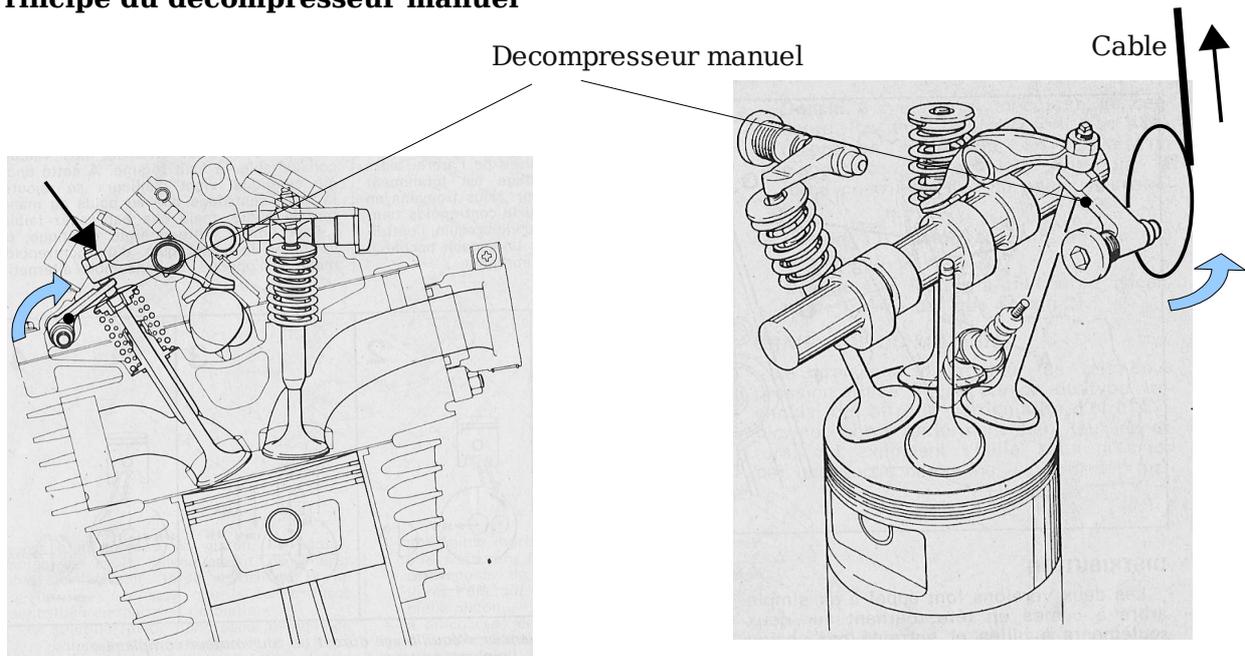
2: Denture fixe par rapport à l'arbre

3: Denture mobile en rotation permettant d'éliminer le jeu existant entre les dents du train d'engrenage.

LE DECOMPRESSEUR

Dans le but de faciliter le démarrage manuel sur les moteurs à grosses cylindrées unitaires, un système de réduction de pression de la fin compression à été ajouté. Il permet une légère ouverture de la soupape d'échappement et donc une perte d'étanchéité de la chambre de combustion

a) Principe du décompresseur manuel



Un levier au guidon permet d'ouvrir une soupape d'échappement, réduisant par le fait la pression fin compression et donc faciliter le démarrage au kick.

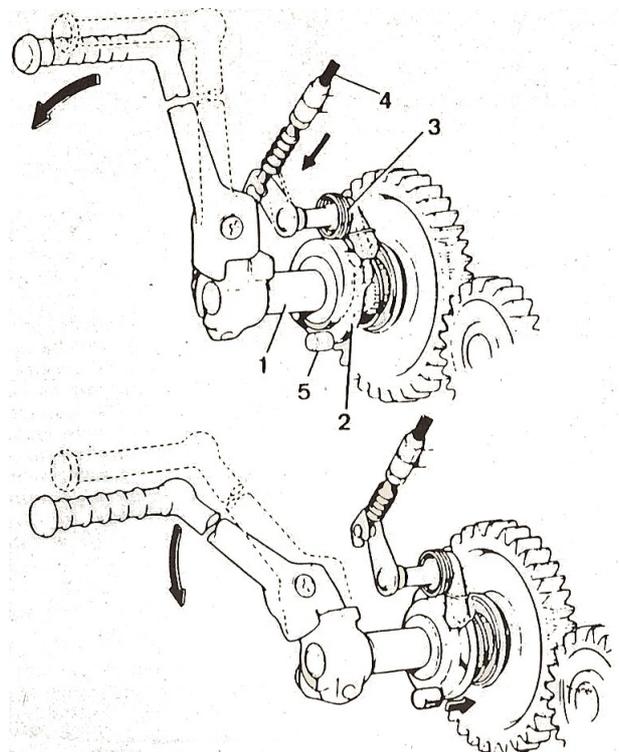
b) Décompresser automatique asservi au kick

Accouplé au décompresseur manuel, il permet de décompresser le moteur dès que l'on essaye de démarrer au kick et évite les « retours de kick ».

- 1: Arbre de kick
- 2: Came
- 3: Doigt de commande
- 4: Câble
- 5: Guide de came

En début de course du kick, la came agit sur la commande ce qui provoque la traction du câble

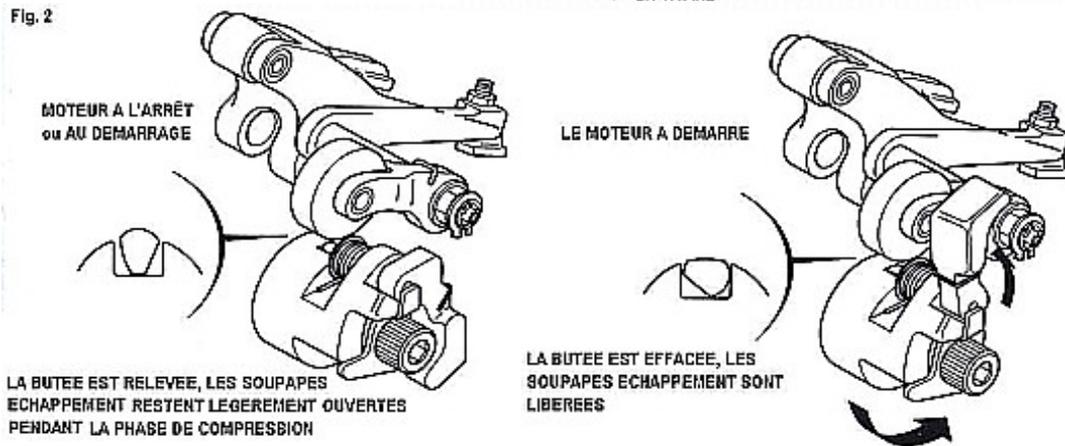
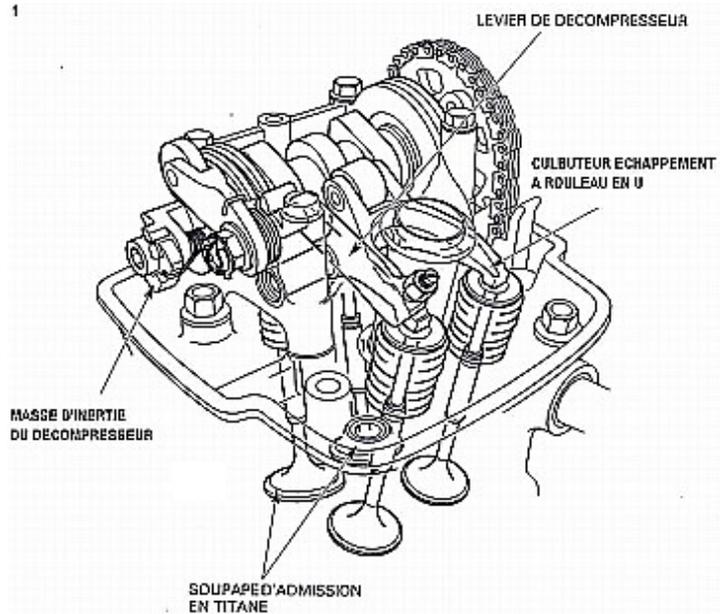
En fin de course, la came appui sur le guide qui se déplace latéralement, le doigt de commande se trouve dégagée de la came, ce qui évite l'action du décompresseur lors du retour de la pédale.



c) Le décompresseur automatique

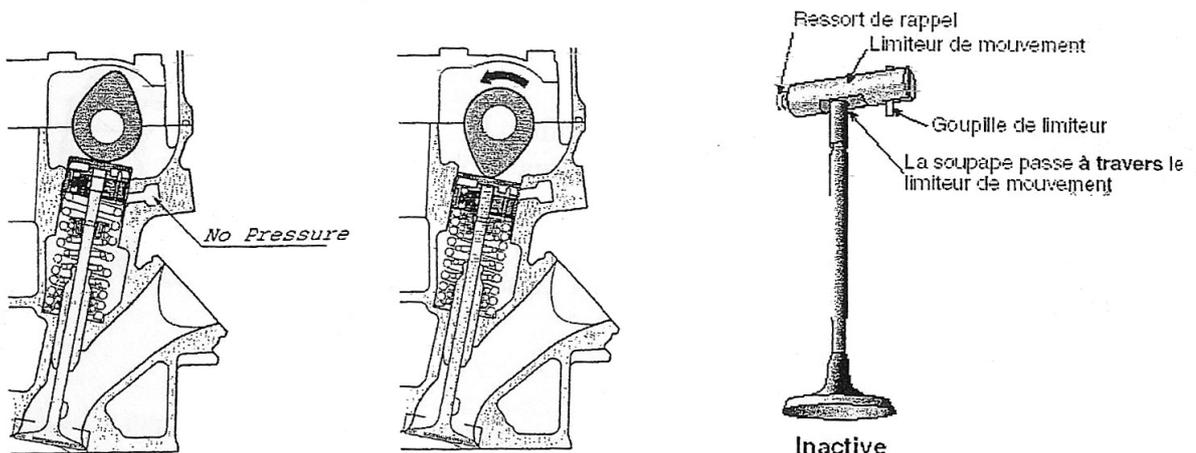
Ce système ne nécessite aucune intervention de la part de l'utilisateur

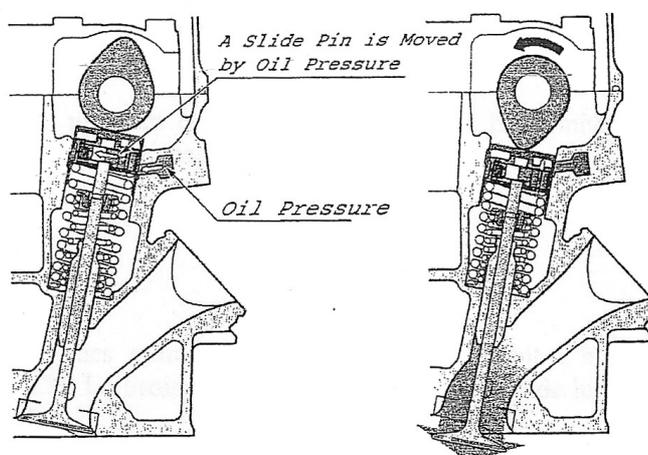
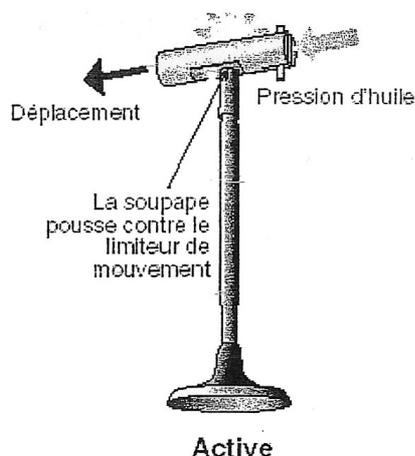
Communément, les constructeurs utilisent un balancier à masselotte d'inertie



EVOLUTION TECHNOLOGIQUE

Seules 2 soupapes fonctionnent à bas régime favorisant le couple puis passage à quatre soupapes pour favoriser les hauts régimes





SYNTHESE DES DIFFERENTS SYSTEMES

	Pièces	Avantages	Inconvénients
Forme de la came	Profil de le rampe de la came brutale	Ouverture rapide de la soupape	Risque d'affolement des soupape
Fixation	Roulement	Lubrification faible	Cout
	Palier lisse	Cout	Lubrification sous pression
Type de poussée	Linguet	Une pièces pour plusieurs soupapes Réglage facile	Inertie des pieces
	Poussoir	Peu de pièces Pas de réglage (hydraulique)	Usinage très précis Réglage difficile
Implantation	Arbre à came en tête	Réduction de l'inertie	Nécessite culbuteur
	Double arbre à came en tête	Réduction de l'inertie	Entretien
	Arbre à cames latéral	Entretien	Encombrement latéral Inertie importante Flambage de tiges
Type d'entraînement	Chaine	Vitesse élevée	Lubrification Usure
	Courroie	Silencieux	Entretien régulier
	Engrenage	Entretien	Cout Bruit (taille droite) Lubrification