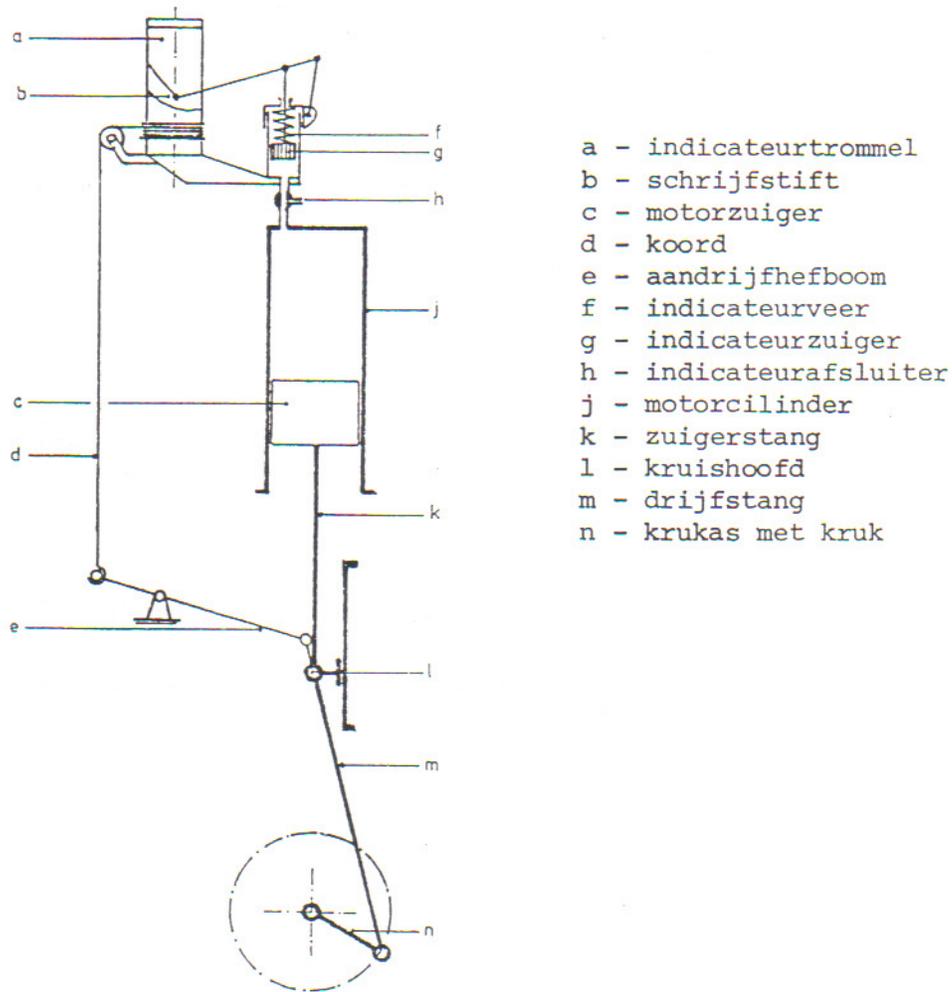


## Chapitre 3 Puissance moteur, pertes et rendement

### 1 Le diagramme indicateur

Dans le chapitre précédent nous avons élaboré le diagramme PV d'un cycle complet. Ce diagramme nous donne une description du processus suivi pendant le cycle. Un tel diagramme peut être au moyen d'un appareil indicateur. On appelle ce diagramme un diagramme indicateur.



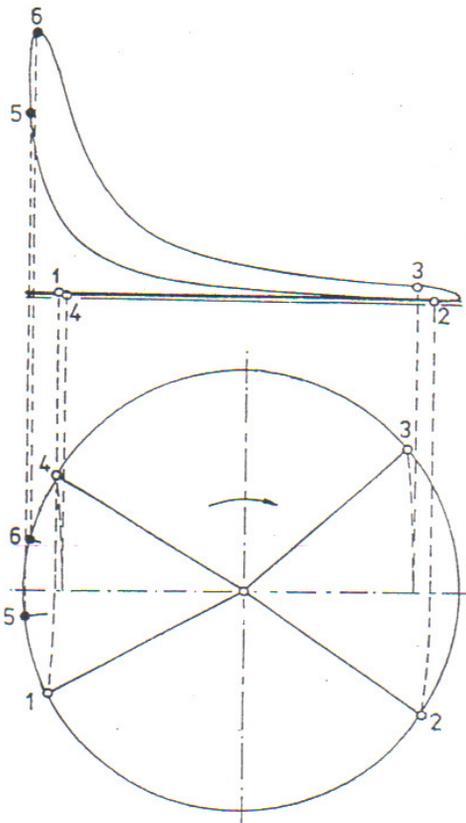
*Indicateurtoestel met aandrijving*

L'appareil consiste en un cylindre qui peut être fixé au moyen d'un écrou sur le robinet de prise de diagramme. Ce robinet met en communication la chambre de combustion et le cylindre indicateur, parce que l'évolution de la pression dans le cylindre est identique à celle de la chambre de combustion.

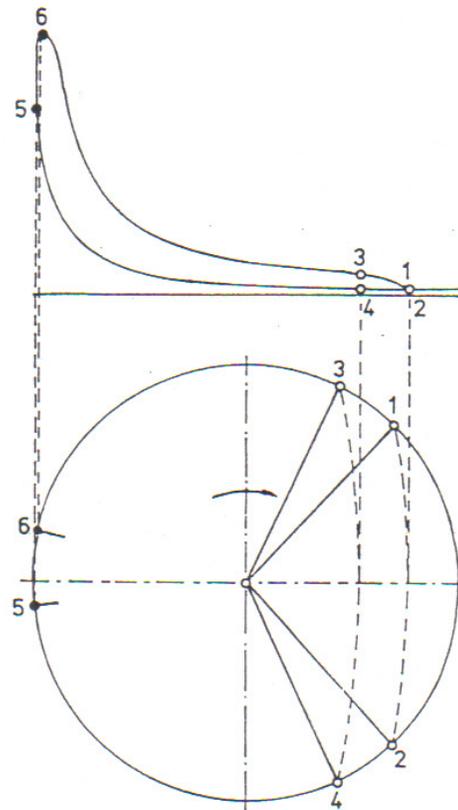
L'appareil g et ressort f est monté sur la culasse du moteur.

Le piston g est muni d'un système de leviers qui porte à son extrémité un crayon b décrit une ligne verticale. Le tambour a est en connecté à la crosse

l du moteur au moyen d'une corde d non élastique. Si le piston c monte, le levier e tourne dans le sens contre horlogique de telle sorte que la corde d descend en faisant tourner le tambour. Si le piston c descend, le levier e tourne dans le sens horlogique de telle sorte que la corde d remonte. Comme on ne peut exercer une poussée avec une corde il y a à cet effet un ressort de rappel à l'intérieur du tambour a qui le ramène en position initiale lorsque le piston c descend. Le mouvement du piston moteur décrit une ligne horizontale sur le papier. La combinaison des deux mouvements, variation de pression et mouvement du piston du moteur, nous donne le diagramme que



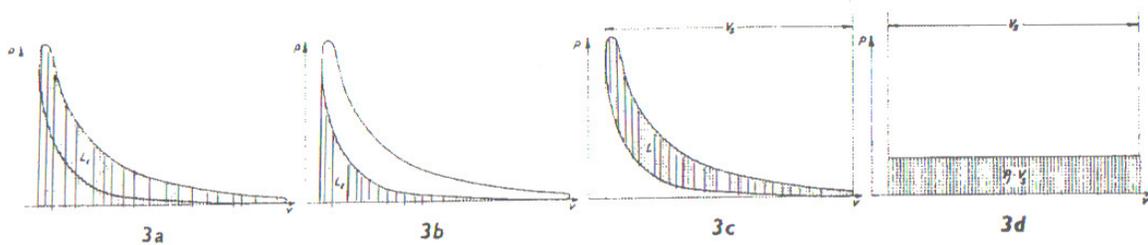
*Indicateurdiagram 4-slag proces*



*Indicateurdiagram 2-slag proces*

## 1 Détermination du travail indicateur et pression indiquée

Le travail est proportionnel avec le surface sous la courbe qui donne une description du processus dans le diagramme que



**Figure 3a:** Le travail d'expansion est la surface sous la courbe d'expansion. La courbe est parcouru en sens horlogique et donc le travail est **positif**.

**Figure 3b:** Le travail de compression est la surface sous la courbe de compression. Cette courbe est parcouru dans le sens contre horlogique et donc le travail est **négatif**.

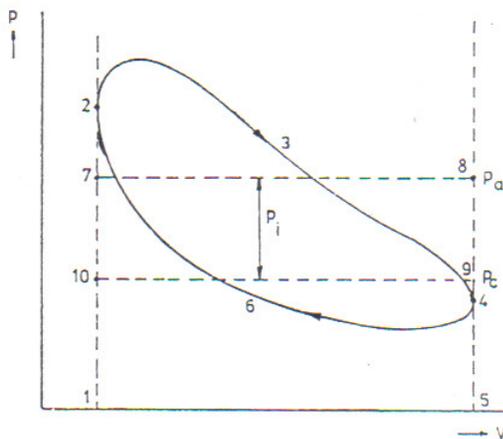
**Figure 3c:** Ceci est la surface déterminée par le diagramme PV et est le travail fourni par cycle ou travail indiqué  $W_i$ .

**Figure 3d:** Ceci est la pression moyenne indiquée. On remplace la surface du travail indiqué (3c) par un rectangle dont la longueur est la course  $s$ . La hauteur est donc la pression moyenne indiquée. (Il serait meilleur de l'appeler la moyenne de la différence de la pression indiquée.)

Pendant la phase motrice la pression moyenne est  $p_a$ . ?  $W_{ia} = p_a A_z s$

Pendant la phase de compression la pression moyenne est  $p_c$ . ?  $W_{ic} = - p_c A_z s$

Le cycle complet fourni donc un travail:  $W_i = (p_a - p_c) C_{ette} s$  dont  $p_a - p_c = p_i$



*Bepaling geïndiceerde gemiddelde druk uit indicatordiagram.*

Pour un moteur avec un nombre de cylindre  $Z$  la formule devient :  $W_i = Z p_i s A_z$

### 1 Rendements

#### 2 Le rendement thermique indiqué

La puissance dans le cylindre est produite par la combustion du combustible. Par kilogramme de carburant  $H_0$  kJ de chaleur est produit.  $H_0$  est le pouvoir calorifique du combustible.

Diesel Oil (DO) :  $H_0 = 40000$ kJ/kg

Heavy Fuel Oil (HFO):  $H_0 = 42000$ kJ/kg

La puissance indiquée  $P_i$  est la puissance produite dans le cylindre entre le piston et la culasse par l'effet de la pression  $p$  des gaz de combustion. Une partie de l'énergie est perdue à cause pertes de chaleur par rayonnement et refroidissement.

Le rendement thermique indiqué est le rapport entre les deux

$$\eta_i = \frac{\text{puissance indiquée}}{\text{puissance introduite avec le combustible}} = \frac{P_i}{B H_0}$$

Les pertes thermiques peuvent être divisées en trois groupes:

- Chaleur dégagée par la fumée (30%)
- Chaleur dégagée pers refroidissement (20%) : 1/3 refroidissement du piston, 2/3 refroidissement du cylindre
- Chaleur de rayonnement (1%)

#### a Rendement mécanique

La puissance générée par les gaz de combustion et transmise au piston n'est pas tout à fait disponible sur l'axe sortant du moteur.

Il y a des pertes de frottement comme

- Frottement segments piston et chemise
- Frottement crosse-glisières
- Frottement articulation piston-bielle
- Frottement articulation manivelle-bielle
- Frottement vilebrequin dans les paliers

Quand le moteur est bien entretenu est bien graissé il n'y a pas beaucoup de pertes de frottement.

Un nombre d'appareils auxiliaires est commandé directement par le moteur qui donne une perte supplémentaire.

- Pompe de combustible
- Pompe de lubrification
- Pompe d'eau de refroidissement
- Soupapes

Les pertes mécaniques totales sont d'environ 10%.

Le rendement mécanique est le rapport entre la puissance effective et la puissance indiquée.

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i}$$

Il en résulte que la pression moyen indiqué :  $p_e = \eta_m p_i$

Le rendement total est la produit des deux :  $\eta_t = \eta_m \eta_i$

$\eta_t = 1/(B/P_e) H_0$  avec  $B/P_e =$  consommation de combustible spécifique ou consommation de carburant par unité de puissance.

#### 1 Excès d'air et consommation spécifique d'air

La combustion du gasoil est un processus chimique. Les hydrocarbures et les impuretés réagissent avec l'oxygène dans l'air en formant les gaz d'échappements. Ceci est un processus chimique qu'on peut présenter avec des équations de réaction

Combustible + O<sub>2</sub> ? CO<sub>2</sub> + chaleur

S + O<sub>2</sub> ? SO<sub>2</sub> + chaleur

Ces équations de réaction respectent toujours la loi de conservation de masse.

En conséquence les réactifs et les produits formés réagissent toujours en rapport. On appelle ce rapport le rapport stoechiométrique.

**MAIS**

1) Pour la combustion de 1 kg de combustible on a besoin de 14 kg d'air. Donc ici le rapport stœchiométrique est 14. Mais en pratique **la réaction est incomplète** de sorte qu'on a toujours besoin d'un excès d'air pour que la réaction se produise de façon aussi complète que possible et donc la plus grande quantité possible de combustible soit brûlée. En moyenne on suppose qu'on a besoin de deux fois la quantité stoechiométrique.

2) En plus on a besoin d'une quantité supplémentaire **pour le balayage**. Pour balayer le cylindre et évacuer tous les gaz de combustion. Cet excès ne prendra pas part à la réaction de combustion et diminuera les températures et donc diminuera le rendement.

Le facteur d'air total  $\lambda_t$  est le rapport entre la quantité totale fourni au moteur et le quantité théorique d'air nécessaire.  $\lambda_t = L_t / L_{th}$

La consommation spécifique d'air  $I_s$  est la masse d'air par unité de puissance qui est fourni au moteur.

$$I_s = \lambda_t L_{th} b_e$$