

Collection pratique

Manuel Vagnon du moteur Hors-bord

Voiliers et vedettes

MARCEL OLIVER



VAGNON

Sommaire

Introduction	5	Les règles de montage de la bougie	47
		Nettoyage et réglage de la bougie	47
		Guide des couleurs de l'isolant	50
		Comment est produite l'étincelle entre les électrodes de la bougie?	54
		Bobinage primaire et bobinage secondaire... de la bobine d'allumage!	56
		L'Allumage sur un moteur inboard quatre temps à essence	57
		L'Allumage sur un moteur outboard deux ou quatre temps à essence	58
		La diode	59
		Les transistors	60
		Le thyristor	60
		L'allumage électronique CDI	62
		L'allumage électronique TCI	63
		L'avance à l'allumage	64
		Système d'allumage CDI avec avance cartographique	65
		La combustion du mélange air plus essence	66
1. Généralités	6	4. Lubrification	68
Description d'un moteur hors-bord YAMAHA	7	Le circuit de lubrification des moteurs deux temps hors-bord	68
Diamètre de l'hélice	7	Le système de lubrification automatique Autolube	69
Pas de l'hélice	7	La pompe Autolube	70
Sélection de l'hélice	9	Le circuit de lubrification des moteurs 4 temps hors-bord	72
Installation du moteur	9	Système de lubrification à carter humide	73
Diagramme théorique du moteur à essence ou cycle beau de rochas	10	Système de lubrification par aspersion	73
Notions de couple et de puissance	11	Les rôles de l'huile	74
		Système de reniflard à double étage	75
		Reniflard à séparateur d'huile	75
2. Alimentation essence	12	5. Refroidissement et échappement	76
Réalisation du mélange Air plus	12	Le circuit de refroidissement des moteurs essence hors-bord	76
Du réservoir au filtre à carburant	14	Circuit de refroidissement	77
Mise en place du circuit	14	Le circuit d'échappement des moteurs essence hors-bord	78
Vérification du circuit	14	Rôle du fourreau technologie YAMAHA	79
Du filtre à carburant à la pompe d'alimentation sur un petit moteur	16	Le système d'échappement dans le fourreau au ralenti	80
La pompe d'alimentation	16	Le système d'échappement dans le fourreau à plein régime	81
Système d'admission d'un petit moteur hors-bord	18	Évacuation des gaz d'échappement dans l'embase	82
Le carburateur	19	Hélice « Dual Thrust »: Technologie YAMAHA	83
Solénoïde d'enrichissement du carburant	19		
Système d'admission d'un gros moteur hors-bord	20		
La pompe d'alimentation	22		
Carburateur avec pompe de reprise	24		
Rôle du starter	26		
Types de starter	26		
Starter automatique a volets « Prime Start »	27		
Starter en dérivation « Prime Start »	29		
Pompe de reprise	30		
Injection directe d'un moteur outboard: Technologie HPDI YAMAHA	31		
Technologie YAMAHA	32		
Moteur 6 cylindres 200 CV HPDI	32		
Les gros moteurs hors-bord « quatre temps »	38		
Principe de fonctionnement du moteur à quatre temps	39		
Les gros moteurs hors-bord « deux temps »	40		
Principe de fonctionnement du moteur deux temps	42		
3. Allumage	44		
Allumage du mélange air plus essence	44		
Durée d'utilisation d'une bougie	46		
Contrôle des bougies	46		

6. Embase	84	8. Panne de moteur	112
La transmission hors-bord .....	.84	La panne de moteur sur un navire	
Éclaté de l'embase .....	.86	a propulsion mécanique peut devenir rapidement	
Tige de sélecteur .....	.87	une situation d'urgence .....	.112
Système d'inversion de marche .....	.88	Surveillance du moteur .....	.113
Boîtier d'hélice .....	.89	Surveillance des fumées du moteur pendant la marche ...	.113
Arbre d'hélice .....	.90	Panne de moteur au démarrage .....	.114
Pompe à eau .....	.92	Recherche de l'origine de la panne	
7. Entretien	94	par votre mécanicien .....	.114
Tableau d'entretien .....	.94	Vérifications par le mécanicien quand	
Inspection de la batterie .....	.95	le moteur ne démarre pas .....	.115
Inspection/remplacement du filtre à carburant .....	.96	Le moteur manque de puissance .....	.115
Inspection/nettoyage du filtre à carburant .....	.97	Le moteur « ne tourne pas rond » .....	.115
Renouvellement de l'huile pour engrenages .....	.98	Le moteur s'arrête soudainement .....	.115
Réglage du régime de ralenti du moteur		Vérifications par le mécanicien quand le moteur	
sur un petit moteur hors-bord .....	.100	a un mauvais rendement .....	.116
Réglage des carburateurs sur un gros moteur hors-bord ..	.101	Vérifications par le mécanicien quand le moteur cale ...	.116
« YAMAHA Diagnostique Système » par PC .....	.102	Le moteur refuse de démarrer :	
Renouvellement de l'huile de moteur .....	.104	Dysfonctionnement du système d'allumage .....	.117
Inspection et remplacement de(s) l'anode(s) .....	.106	Lanceur .....	.118
Contrôle des fils et des connecteurs .....	.108	Réglage de la sécurité au démarrage .....	.118
Contrôle de l'hélice .....	.109	Notes	122
Installation de l'hélice .....	.110		

1. Généralités

Un moteur hors-bord peut se décomposer en 4 ensembles de base: la tête motrice, le fourreau, le pivot et l'embase.

Les fonctions de chaque élément sont les suivantes:

• **Tête motrice:**

- Générer de la puissance mécanique.

• **Pivot:**

- Fixer le moteur sur le tableau arrière du bateau (presse de fixation).
- Assurer la fonction de direction de l'ensemble (pivot).
- Ajuster l'angle d'inclinaison ainsi que la fonction de relevage.

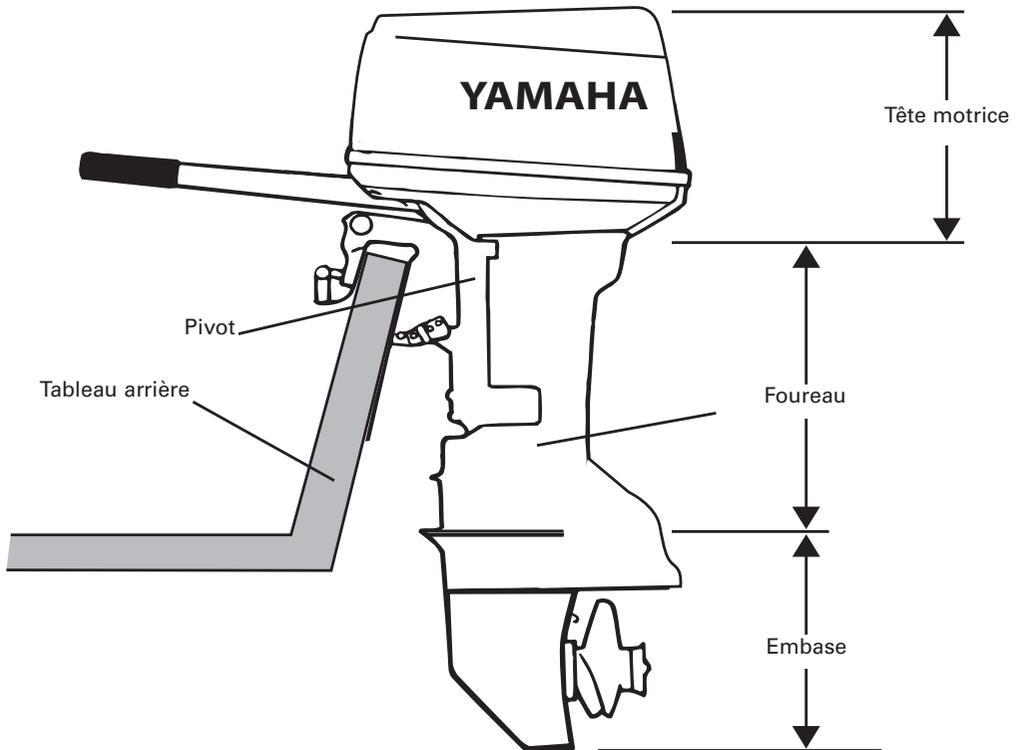
- Diminuer les vibrations par interposition de silent blocs entre le pivot et le fourreau.

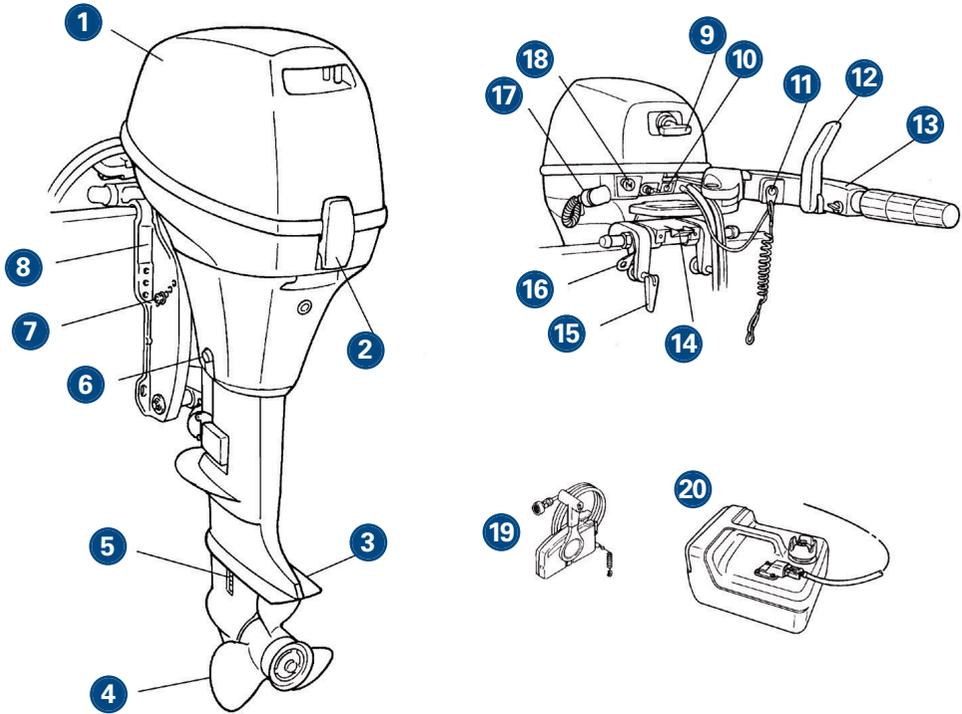
• **Fourreau:**

- Abaisser le niveau sonore de l'échappement en effectuant une pré-détente des gaz d'échappement.
- Assurer la liaison Tête motrice/Pivot/Embase.

• **Embase:**

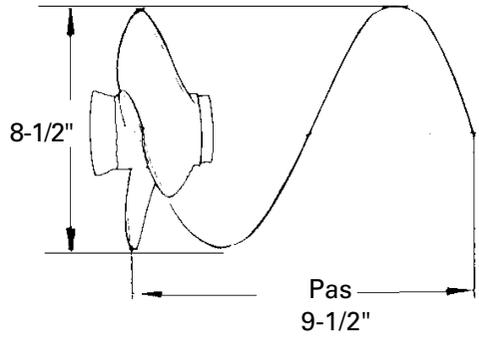
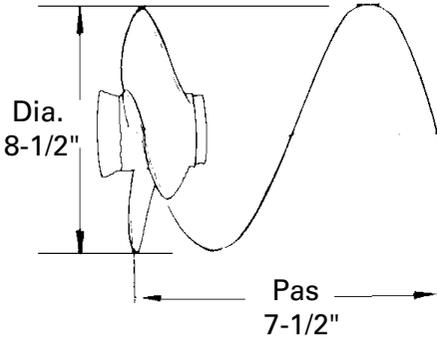
- Propulser le bateau par transformation de la puissance mécanique en poussée à l'hélice.
- Assurer la fonction du guidage du bateau par effet de gouvernail et modification de l'axe de poussée de l'hélice.
- Assurer le refroidissement du moteur en entraînant la pompe de circulation d'eau.
- Assurer l'éjection des gaz d'échappement en les mélangeant au flux de l'hélice.





► Description d'un moteur hors-bord YAMAHA

- ① Capot supérieur
- ② Levier de verrouillage du capot supérieur
- ③ Plaque anticavitation
- ④ Hélice
- ⑤ Entrée d'eau de refroidissement
- ⑥ Vis de vidange
- ⑦ Tige de trim
- ⑧ Support de presse
- ⑨ Poignée de démarrage manuel
- ⑩ Indicateur d'avertissement
- ⑪ Bouton d'arrêt du moteur/Contacteur du coupe-circuit à cordon
- ⑫ Emplacement du numéro de série du moteur hors-bord
- ⑬ Barre franche
- ⑭ Levier de verrouillage du système de relevage
- ⑮ Vis de presse
- ⑯ Fixation de la corde
- ⑰ Dispositif de rinçage
- ⑱ Bouton de starter
- ⑲ Boîtier de commande à distance (type à montage latéral)
- ⑳ Réservoir de carburant



► Diamètre de l'hélice

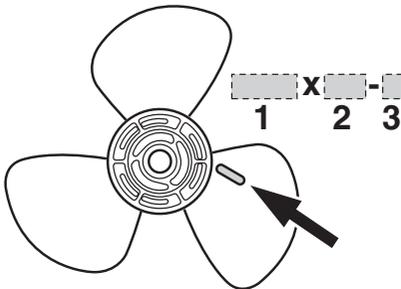
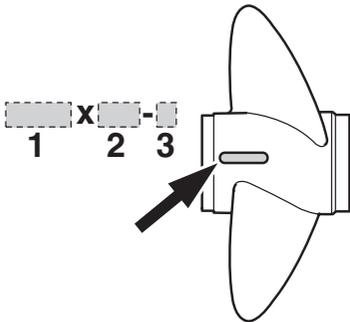
À puissance du moteur égale, le diamètre de l'hélice est inversement proportionnel au régime de rotation, d'autant plus grand que le régime est lent, d'autant plus petit que le régime est rapide. À régime de rotation égal, le diamètre de l'hélice est proportionnel à la puissance du moteur, d'autant plus grand que la puissance est forte, d'autant plus petit que la puissance est faible. Un moteur de plus forte puissance au régime de rotation plus rapide et un moteur de plus faible puissance au régime de rotation plus lent peuvent être équipés avec des hélices de même diamètre.

Les moteurs hors-bord Yamaha sont équipés d'hélices sélectionnées de manière à offrir des performances optimales dans toute une série d'applications, mais une hélice offrant un autre pas peut s'avérer mieux adaptée à certains types d'utilisation particuliers. Le diamètre et le pas sont indiqués sur la face d'une pale.

1. Diamètre de l'hélice en pouces
2. Pas de l'hélice en pouces
3. (Pas) à droite/à gauche

► Pas de l'hélice

Le pas d'une hélice est la distance parcourue par l'hélice lors d'une rotation complète (analogue au pas d'une vis).



1. Une diminution du pas entraîne une augmentation de régime: le moteur s'emballe quand le pas est trop petit. Une hélice à petit pas convient mieux aux conditions d'utilisation à forte charge (le petit plateau sur un vélo attaquant une montée).
2. Une augmentation du pas entraîne une diminution de régime: le moteur est dans l'impossibilité d'atteindre son régime maximum quand le pas est trop grand. Une hélice à grand pas convient mieux aux conditions d'utilisation à faible charge (le grand plateau sur un vélo attaquant une descente).

La «face» de la pale est le côté de la pale nous faisant face quand on regarde l'hélice depuis l'arrière du bateau.

Le «dos» de la pale est le côté de la pale que nous ne voyons pas quand on regarde l'hélice depuis l'arrière du bateau.

► Sélection de l'hélice

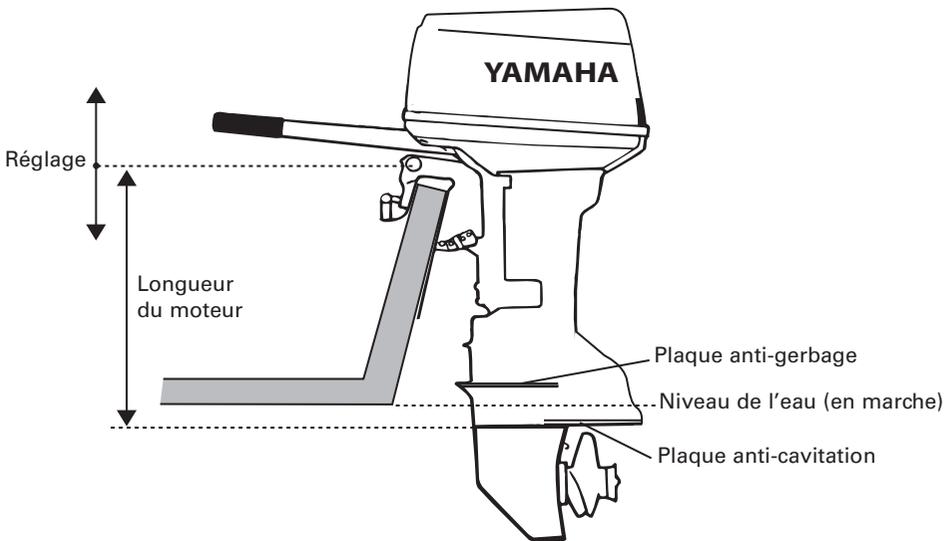
L'hélice affecte fortement la vitesse du bateau, l'accélération, les qualités de navigation et de conduite mais aussi la consommation de carburant et surtout la longévité du moteur.

Le choix de l'hélice appropriée est donc d'une importance vitale: une hélice inadaptée va dans tous les cas altérer gravement les performances du moteur, et peut même dans certains cas causer de graves dommages au moteur.

L'hélice adaptée à une embarcation et à son moteur est l'hélice qui permet au moteur de tourner à son régime maximum.

Si votre moteur YAMAHA 40 CV est donné pour 29,4 kW à 5 500 tr/min, la bonne hélice est celle qui permet « à plein gaz » d'atteindre le régime maximum de 5 500 tr/min pour obtenir la puissance maximum de 29,4 kW nécessaire pour permettre au bateau d'atteindre sa vitesse maximum quand il est à sa charge maximum.

► Installation du moteur



La longueur de l'arbre du moteur est fonction de la hauteur du tableau arrière :

- tableau inférieur à 360 mm, arbre court (15"),
- tableau inférieur à 490 mm, Arbre long (20"),
- tableau inférieur à 620 mm, arbre ultra-long (25").

La longueur de l'arbre du moteur va déterminer le positionnement des plaques anti-cavitation et anti-gerbage par rapport au fond du bateau.

La plaque anti-cavitation doit impérativement rester immergée sous le fond de la coque, au risque de voir l'hélice se mettre à tourner dans une bulle d'air. La plaque anti-gerbage doit impérativement se trouver au-dessus du niveau de l'eau (en marche), afin de déflécter vers le bas, les embruns soulevés à l'arrière de la coque.

Le bon réglage résulte d'un bon compromis entre ces deux contraintes en jouant sur la hauteur du moteur.

La hauteur de montage du moteur hors-bord affecte fortement la résistance dans l'eau. Si la hauteur de montage est trop importante, la cavitation a tendance à se produire, ce qui réduit la propulsion. Si la pointe des pales de l'hélice bat l'air, le régime du moteur augmentera de façon anormale et provoquera une surchauffe du moteur. Si la hauteur de montage est insuffisante, la résistance dans l'eau augmentera et réduira de ce fait le rendement du moteur.

Monter le moteur hors-bord de façon à ce que la plaque anticavitation soit comprise entre le fond de la coque du bateau et un niveau situé à 25 mm en dessous.

► Diagramme théorique du moteur à essence ou cycle Beau-de-Rochas

Phase d'admission: section AB avec

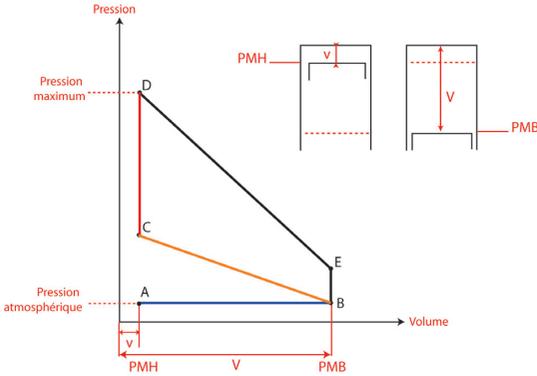
- piston de PMH vers PMB,
- ouverture de la soupape d'admission en A,
- admission du mélange carburé entre A et B,
- fermeture de la soupape d'admission en B.

Phase de compression: section BC avec

- piston de PMB vers PMH,
- compression du mélange carburé entre B et C.

Phase de combustion/détente: sections CD et DE avec

- piston de PMH vers PMB,
- allumage en C,
- combustion du mélange carburé entre C et D, c'est-à-dire combustion à volume constant,
- détente entre D et E.



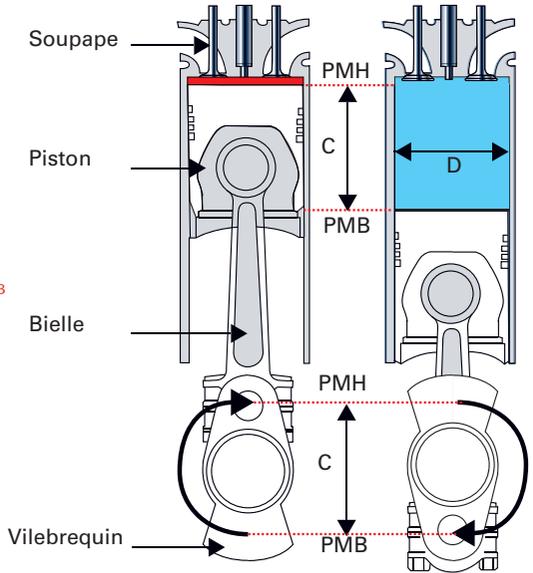
- PMH Point mort haut
- PMB Point mort bas
- C Course du piston = demi-tour du vilebrequin = temps
- D Alesage
- Volume en fin de compression
- Volume en début de compression

Phase d'échappement: section EB et BA avec

- piston de PMB vers PMH,
- ouverture de la soupape d'échappement en E,
- chute de la pression résiduelle entre E et B,
- les gaz brûlés sont chassés entre B et A,
- fermeture de la soupape d'échappement en A.

Dans la réalité pratique, il y a :

- Avance à l'Ouverture de la soupape d'Admission, avec ouverture de la soupape d'admission en fin de BA,
- Retard à la Fermeture de la soupape d'Admission, avec fermeture de la soupape d'Admission au début de BC,
- Avance à l'Allumage, avec allumage du mélange carburé en fin de BC,
- Avance à l'Ouverture de la soupape d'Échappement, avec ouverture de la soupape d'Échappement en fin de DE,
- Retard à la Fermeture de la soupape d'Échappement, avec fermeture de la soupape d'échappement au début de AB.



► Notions de couple et de puissance

Le couple

L'unité de couple est le newton-mètre ou Nm :
 $1 \text{ Nm} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m}$.

Pour serrer cet écrou, il faut :

- un bras de levier de 0,25 m,
- une force de 20 N,
- d'où un couple de $20 \text{ N} \times 0,25 \text{ m} = 5 \text{ Nm}$.

Dans un moteur, la pression due à la combustion est transmise à la bielle où une force est engendrée. Le bras de levier est la longueur du maneton. La pression est déterminée, d'une part, par le rapport volumétrique, d'autre part, par le remplissage des cylindres (jamais complet sans turbocompresseur et un « accord High-Tech » entre certaines caractéristiques des tubulures d'admission et d'échappement).

La puissance

L'unité de puissance est le watt ou W.

Une puissance d'un watt correspond à un travail d'un joule effectué en une seconde :

- $1 \text{ W} = 1 \text{ J}/1 \text{ s}$,
- **puissance = travail/temps.**

Un travail d'un joule correspond au travail produit par une force d'un newton déplaçant son point d'application d'un mètre :

- $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m}$,
- **travail = force x distance.**

Soit :

- d'une part n , le nombre de tours du maneton en une minute (régime de rotation du moteur),
- d'autre part le maneton parcourant des cercles égaux à $2\pi R$ (avec R = longueur du maneton en mètre donc circonférence en mètre).

En une minute, le maneton parcourt une distance égale à la circonférence d'un cercle multipliée par le nombre de tours en une minute :

$2\pi R \times n = 2\pi Rn$ (avec $2\pi R$ en mètre donc distance exprimée en mètres).

Compte tenu de la force F appliquée, le travail effectué est égal à $F \times 2\pi Rn$ (avec F en newton et $2\pi Rn$ en mètres, donc travail exprimé en Joules).

En une seconde, on obtient donc une puissance de :

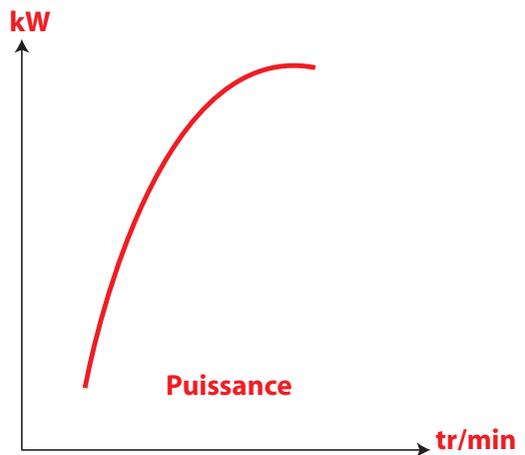
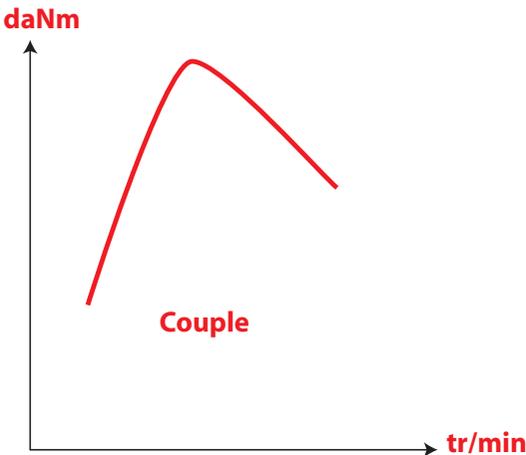
- travail/temps,
- $F \times 2\pi Rn/60 \text{ s}$ [avec travail ($F \times 2\pi Rn$) en joules et temps (60) en secondes, donc résultat en watts].

Soit :

- d'une part la force F exprimée en newtons ou force engendrée au niveau du maneton,
- d'autre part le bras de levier R exprimé en mètre ou longueur du maneton,
- d'où couple = Force x bras de levier = $F \times R$ (avec F en newtons et R en mètres, donc couple en newton-mètre).

On déduit :

- puissance = travail/temps,
- puissance = $F \times 2\pi Rn/60$,
- puissance = $F \times R \times (2\pi n/60)$,
- **puissance = couple x vitesse angulaire** (avec $F \times R$ en newton-mètre et $2\pi n/60$ en radians/seconde, donc puissance en watts).



2. Alimentation essence

► Réalisation du mélange air plus essence

Pour être parfaitement combustible, le mélange air plus essence doit être :

- gazeux (l'essence s'enflamme difficilement à l'état liquide, mais très facilement à l'état gazeux),
- dosé (un gramme d'essence pour quinze grammes d'air),
- homogène (plus le mélange est homogène, plus la combustion peut être rapide).

Un mélange air plus essence est dit « homogène » quand l'air et l'essence sont mélangés de façon uniforme dans tout le cylindre dès le début du temps d'admission, donc aussi à la fin du temps de compression.

Méthode du carburateur

Le rôle du carburateur est de réaliser le mélange du comburant (oxygène de l'air) et du carburant (essence), d'où l'autre nom de « mélange carburé » pour le mélange air plus essence.

Au cours du temps d'admission, le mouvement du piston depuis son PMH vers son PMB crée une dépression de l'air dans le corps du carburateur entraînant l'aspiration de l'essence : plus la vitesse de l'air s'engouffrant dans le cylindre est rapide, plus la quantité d'essence aspirée est grande. Dans le corps du carburateur, il y a un volet articulé, appelé « papillon », qui modifie le flux de l'air. Ce papillon du carburateur modifie la vitesse de l'air, donc la quantité d'essence aspirée, donc la quantité de mélange carburé admise dans le cylindre.

Le mélange carburé s'effectue à l'extérieur du cylindre au niveau du carburateur bien sûr, mais surtout au niveau de la tubulure d'admission.

Avec le carburateur, on contrôle la puissance produite par le moteur en agissant sur la quantité d'air admis.

Méthode de l'injection indirecte

Comme avec le carburateur, l'admission de l'air et l'apport de l'essence sont faits durant la même phase : l'injection de l'essence s'effectue dès le début de la phase d'admission de l'air.

Au cours du temps d'admission, le mouvement du piston depuis son PMH vers son PMB aspire l'air par la tubulure d'admission à l'intérieur de laquelle un injecteur pulvérise l'essence. La vaporisation de l'essence pulvérisée au passage de l'air refroidit le mélange carburé qui se forme à l'extérieur du

cylindre, refroidissement qui a pour effet d'augmenter le remplissage. La remontée du piston repousse le mélange homogène air plus essence vers la bougie pour l'allumage.

L'injection indirecte permet ainsi de garantir avec exactitude la quantité d'essence injectée dans les cylindres en fonction de la quantité d'air admis.

Méthode de l'injection directe

Un mélange d'air et d'essence est dit « stratifié » quand la richesse du mélange air plus essence est égale à 1 dans une petite partie du volume comprimé et quand la richesse du mélange air plus essence est à peine supérieur à 0,3 dans la plus grande partie du volume comprimé. Le mélange de richesse égale à 1 inflammable par l'étincelle est logiquement toujours disposé à proximité immédiate de la bougie en fin de compression. Le mélange de richesse à peine supérieur à 0,3 réparti dans le reste de la chambre de combustion sera ensuite parcouru par le front de flamme.

Au cours du temps d'admission, le mouvement du piston depuis son PMH vers son PMB aspire l'air à l'intérieur du cylindre à l'intérieur duquel un injecteur pulvérise l'essence. C'est une très faible dose d'essence qui est injectée pendant l'aspiration de l'air, si bien qu'en fin d'admission le mélange est très pauvre.

Vers la fin du temps de compression, une forte dose d'essence est injectée sous forme de gouttelettes à l'intérieur de la cavité creusée sur la tête du piston. La forme de cette cavité crée des turbulences qui favorisent l'évaporation de l'essence tandis que le piston continue à monter.

À la fin du temps de compression, ce mélange air plus essence est repoussé depuis la cavité sur la tête du piston vers la « chambre » de la bougie où l'étincelle va l'enflammer.

Avec un système d'injection directe :

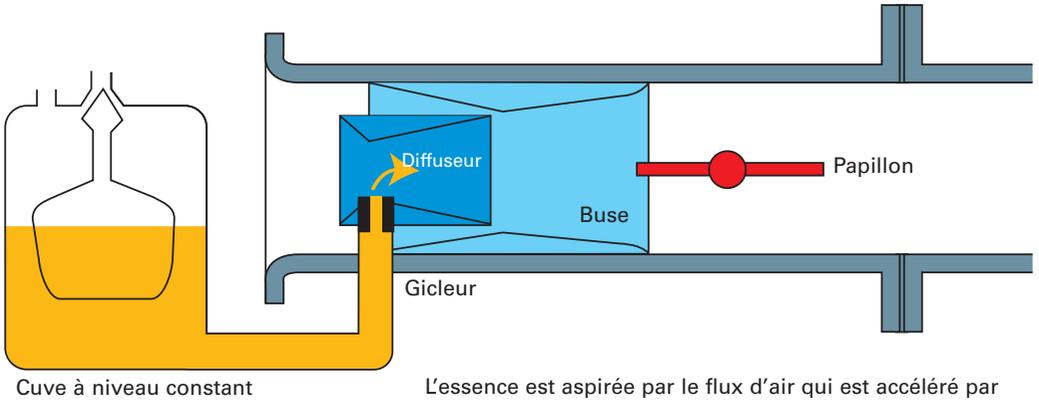
- la chambre de combustion doit comporter une « chambre de précombustion » où se trouve la bougie,
- la tête du piston doit comporter une cavité de forme sphéroïdale qui permet d'impulser un mouvement tourbillonnant faisant remonter le mélange inflammable vers la bougie.

Avec l'injection directe, à l'image d'un moteur Diesel (mais les similitudes s'arrêtent là) :

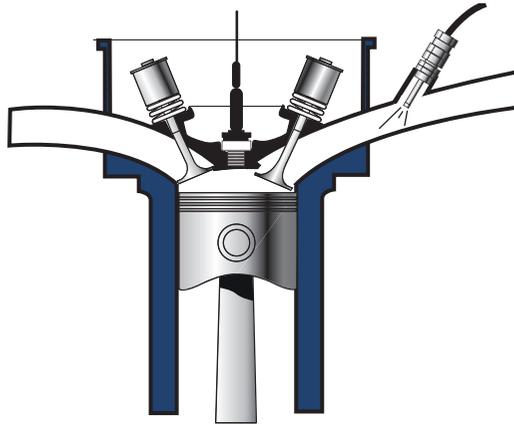
- on ne contrôle pas la puissance produite par le moteur en agissant sur la quantité de l'air admis,
- on contrôle la puissance produite par le moteur en agissant sur la quantité de carburant injectée dans les cylindres.

En permettant une meilleure maîtrise de la consommation de carburant, le système d'injection directe est le plus économe des systèmes de carburation.

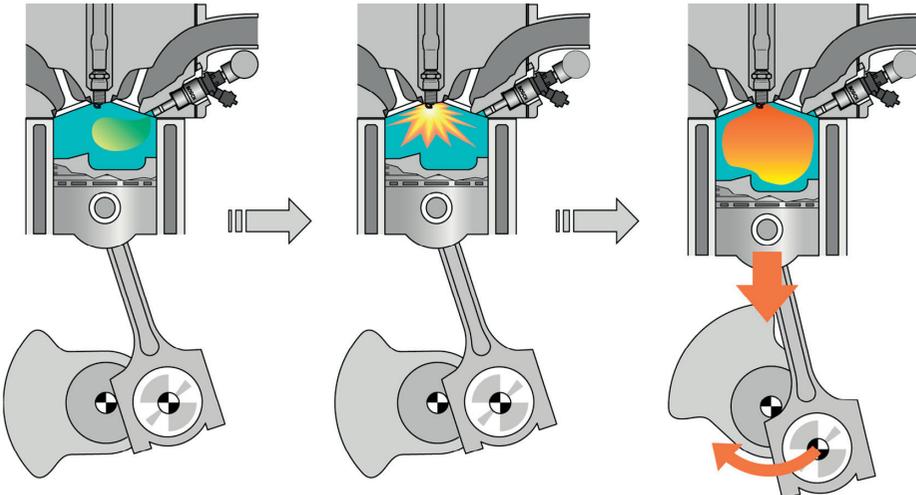
Schéma de principe du carburateur



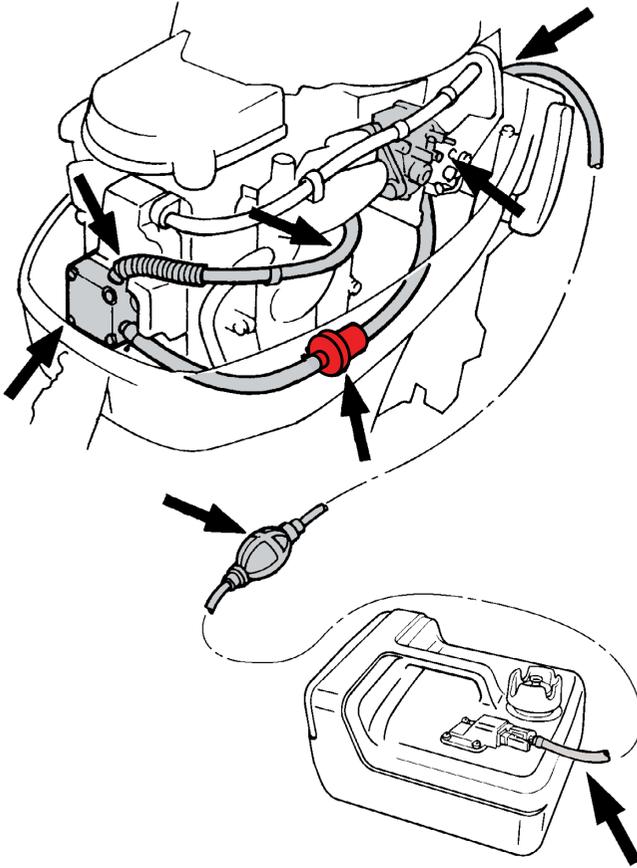
Injection indirecte



Injection directe



► Du réservoir au filtre à carburant



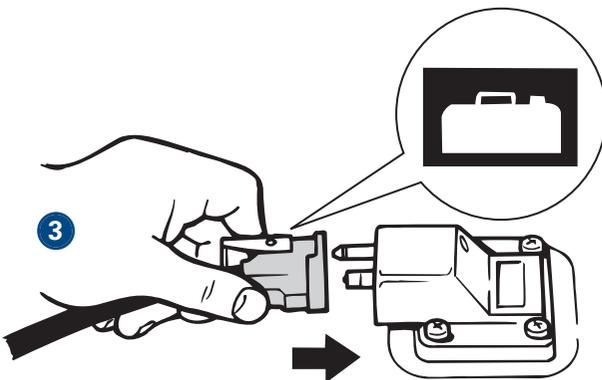
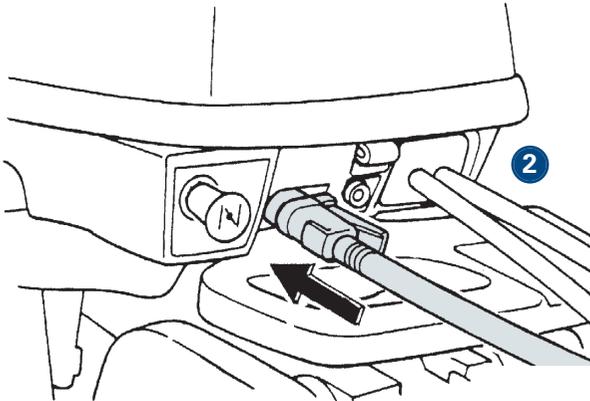
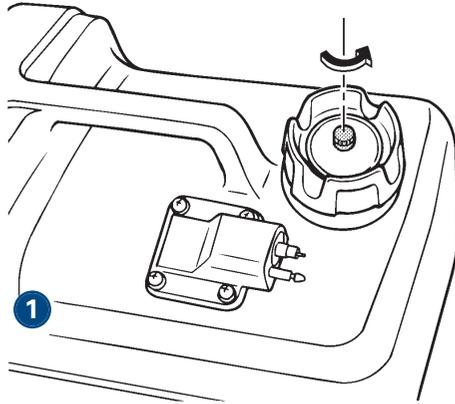
► Vérification du circuit

Il faut vérifier si la conduite d'alimentation ne présente pas de fuites, de fissures ou de défaillances. Les points de contrôle sont signalés par des flèches sur le dessin ci-dessus.

Il faut contrôler périodiquement le filtre à carburant (en rouge) qui est du type monobloc, jetable. Quand on trouve des corps étrangers dans le filtre, il faut le remplacer.

► Mise en place du circuit

- 1 Il faut desserrer de deux ou trois tours la vis de mise à pression atmosphérique équipant le bouchon du réservoir de carburant.
- 2 Il faut d'abord raccorder fermement la conduite d'alimentation au raccord de carburant équipant le moteur.
- 3 Il faut ensuite raccorder fermement la conduite d'alimentation au raccord équipant le réservoir du carburant.
- 4 Il faut enfin actionner la pompe d'amorçage avec l'orifice orienté vers le haut jusqu'à ce qu'on la sente devenir ferme.





Marin très expérimenté, Marcel Oliver possède une longue expérience de formateur de moniteurs de croisière et de skippers professionnels. Pédagogue reconnu, il a notamment publié chez Vagnon : *le Vagnon du bateau à moteur, le Vagnon de la voile, le Vagnon de la croisière côtière, le Vagnon de la croisière hauturière et la Mer et ses dangers.*

Écrit pour tout plaisancier sans connaissance particulière en mécanique, ce manuel explique de façon claire et synthétique le fonctionnement et la maintenance du moteur Hors-bord et des circuits qui lui sont associés sur une vedette ou un voilier côtier.

Vous y trouverez également toutes les opérations de maintenance que vous pourrez effectuer vous-même, à l'exclusion volontaire de toutes celles nécessitant une expertise professionnelle, sur :

- les circuits d'alimentation,
- le système d'allumage,
- le circuit de lubrification,
- le circuit de refroidissement,
- le circuit d'échappement,
- l'embase,
- l'entretien du moteur et ses pannes possibles...

Un ouvrage à mettre dans votre bibliothèque de bord.