

Chapitre III

Construction Navale et équipement

1. Dispositions constructives et équipements

1.1 Les équipements

Tout bâtiment naviguant doit être construit, géré et entretenu de manière à assurer la sécurité des personnes se trouvant à bord et celle de la navigation (art 1.08 du R.G.P).

La liste exhaustive des équipements de sécurités se trouve dans le décret n°88-228 du 7 mars 1988 et dans les arrêté du 17 mars 1988 annexes I, II et III, et du 27 mars 1991 pour les bateaux de marchandises, dans le décret 70-810 et l'arrêté du 2 septembre 1970 pour les bateaux à passagers et l'arrêté du 1^{er} février 2000 pour les bateaux de services et de plaisance.

Parmi les équipements minimaux nous pouvons citer :

- Installation de gouverne sûre avec indication de la position des gouvernails au poste de pilotage et de timonerie. Si le bateau est équipé d'une commande motorisée, en cas de panne de celle-ci, la manœuvrabilité doit être assurée par un second système indépendant. Une vue suffisamment dégagée dans toutes les directions depuis le poste de gouverne doit être assurée. Vers l'avant, elle peut être assurée par des moyens optiques fiables. Ces conditions sont considérées comme remplies lorsque
 - Le champ de visibilité de l'homme de barre doit être d'au moins 240° dont 140° vers l'avant ;
 - aucun montant ne doit se trouver dans l'axe de vision ;
 - et la zone de non-visibilité devant le bateau à vide ne doit pas excéder 150 m.
- Des ancres avec leurs dispositifs de mouillage et de relevage, leurs chaînes ou câbles. Le nombre et le poids des ancres varient en fonction du type et des dimensions du bateau, ainsi que du secteur de navigation. Les chaînes d'ancre doivent avoir une longueur égale à la longueur du bateau augmentée de 10 m sans toutefois être inférieure à 40 m. On peut utiliser un câble à la place d'une chaîne à condition qu'il ait la même résistance à la rupture et que sa longueur soit majorée de 20% au minimum.

- Chaque bateau doit disposer de câbles d'amarrage conformément à la réglementation en vigueur. Ces câbles peuvent être remplacés par des cordages synthétiques d'une longueur et d'une charge de rupture équivalente.
- Les bollards doivent avoir au moins vingt fois le diamètre du câble pour éviter certaines détériorations (picots, écrasement, déformation...). Les câbles et les cordages doivent être correctement lovés afin d'éviter la formation de nœuds qui peuvent se révéler dangereux lors de l'amarrage (enroulement autour d'une cheville ou d'une main et entraînement vers le bollard).
- Une bâche de sauvetage destinée à aveugler une éventuelle voie d'eau. Il est à noter que sa mise en place est toujours problématique. En cas d'urgence, il est possible d'utiliser un oreiller ou un matelas afin de réduire une voie d'eau en attendant de placer un moyen de sauvetage plus « sérieux ».
- Un escalier ou échelle d'embarquement.
- Les appareils et dispositifs nécessaires à l'émission des signaux optiques et sonores, ainsi qu'à la signalisation des bateaux prescrits par les règlements de police en vigueur.
- Une boîte de secours complète (dont la composition est réglementée), on devra en vérifier périodiquement le contenu et les dates limites d'utilisation des différents éléments la composant.
- Un récipient avec couvercle pour les chiffons huileux dans la salle des machines (étouffoir à chiffons).
- Des pancartes relatives au sauvetage et à la réanimation des noyés.
- Des bouées, canots, balles, gilets ou radeaux de sauvetages conformes à la réglementation.
- Des moyens de lutte contre l'incendie conforme à la réglementation.
- Un dispositif de pompage approprié.
- Des fanaux de signalisations

1.2 Dispositions constructives

Cloison d'abordage : cloison verticale, située à l'avant, partant du fond et s'élevant jusqu'au pont, sur toute la largeur du bateau. Cette cloison est destinée, en cas de collision frontale, à éviter l'envahissement par l'eau d'autres locaux. Aucun logement ne peut se trouver en avant de la cloison d'abordage. (obligatoire sur tout bateau) Pour les pousseurs, la distance de la cloison par rapport à la perpendiculaire avant doit être comprise entre 1,20 et 3 m, pour les pousseurs de moins de 12 m, cette distance peut être réduite à 0,10 L.

L étant la longueur entre perpendiculaires, c'est-à-dire la longueur de la carène à la flottaison au plus grand enfoncement.

Pour les barges cette distance est comprise entre 0,40 L et 0,10 L.

Pour les automoteurs, la distance est comprise entre 0,04 L et 0,04 L + 2 m.

Cloison de coqueron : c'est une cloison équivalente à la cloison d'abordage, mais située à l'arrière du bateau. (obligatoire sur les bateaux de plus de 25 mètres).

La distance de la cloison de coqueron arrière à la perpendiculaire arrière est considérée comme appropriée lorsqu'elle est d'au moins 0,05 L.

Hiloire : bords verticaux de la cale, en haut de celle-ci, et au-dessus de la coque. Synonyme « denbords ».

Cofferdam : sur un bateau-citerne, compartiment vide composé de deux cloisons étanches et qui sépare les citernes à cargaison des autres locaux du bateau (salle des machines, chambre des pompes...). Un bateau-citerne possède au moins deux cofferdams tous deux en avant et en arrière des citernes. Ces cofferdams doivent rester vides en permanence. Lorsque le bateau est chargé, ils doivent être inspectés au moins une fois par jour' pour vérifier leur vacuité. Toute présence de liquide est la preuve d'une fuite.

- Il doit être possible de pomper une voie d'eau dans n'importe quel compartiment du bateau (à l'aide d'une installation fixe ou d'une pompe mobile).
- L'installation de pompage fixe de la salle des machines doit être équipée d'un séparateur d'huile. Ce séparateur peut être du type statique ou dynamique.
 - Statique : qui désamorçait la pompe avant que celle-ci ne commence à aspirer la pellicule d'huile qui se trouve souvent à la surface des eaux de fond de cale.
 - Dynamique : séparant les matières par la force centrifuge. Les salles des machines ne doivent pas être équipées de moteurs ou de machines utilisant des carburants ayant un point éclair inférieur à 55° C (par exemple les moteurs à essence). On ne doit pas y trouver de récipients contenant de tels carburants (pétrole pour appareils de chauffage, essence, white-spirit). Il est rappelé enfin que toutes les aires de travail doivent être tenues propres et les matériels s'y trouvant correctement rangés et entretenus.

Le **franc-bord** est destiné à :

- Assurer une réserve de flottabilité au regard d'un éventuel envahissement par l'eau de l'un des compartiments du bateau, et partant, accorder un temps d'intervention au marinier en présence d'une voie d'eau relativement peu importante.
- Permettre, dans des conditions de navigation normale, une circulation en toute sécurité sur les plat-bords.
- Eviter, dans le cas de transport de marchandises semi-fluides (grain, sable, ciment), qui peuvent engendrer par glissement consécutif à la houle ou à des manoeuvres une bande permanente du bateau, d'obtenir un franc-bord nul, voire négatif.
- Eviter de doter certaines ouvertures sur le pont (telles que descentes des chaînes d'ancres) de surbaux assez hauts pour empêcher l'introduction d'eau dans les compartiments disposés sous le pont, si ce dernier ne se trouve pas à une certaine hauteur au-dessus de la flottaison.

Tout bateau doit respecter une distance de sécurité, dont l'utilité est d'éviter un accident par submersion du fait de la houle ou de la houache des autres bateaux. En

dehors de zones particulières, telles que les zones à caractère fluvio-maritime, cette distance de sécurité doit être au minimum de :

- 0,15 m pour les portes et ouvertures, autres que les écoutilles, pouvant être fermées de façon étanche aux embruns et aux intempéries,
- 0,20 m pour les portes et ouvertures, autres que les écoutilles, qui ne peuvent pas être fermées d'une façon étanche aux embruns et aux intempéries,
- 0,30 m pour les écoutilles fermées de façon étanche aux embruns et aux intempéries,
- 0,50 m pour les écoutilles qui ne peuvent pas être fermées par des dispositifs ou qui ne le sont pas (cales non couvertes).

Le franc-bord doit être suffisant pour que les distances de sécurité soient respectées et il ne peut pas être négatif.

Les installations à gaz liquéfié pour usage domestique doivent dans toutes leurs parties être appropriées à l'usage du propane, être réalisées et installées selon les règles de l'art et être conformes aux règlements en vigueur.

Avant l'utilisation d'une installation, et après toute modification ou réparation, une attestation de conformité doit être délivrée par un organisme agréé. Cette attestation doit être renouvelée tous les 3 ans.

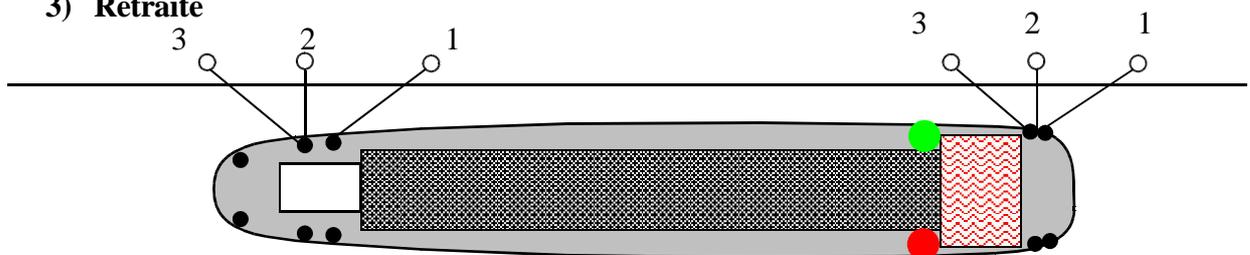
Les bateaux répondant aux prescriptions de l'ADNR, construits après le 1^{er} avril 1999 ou ayant été agréés pour la première fois après cette date ne peuvent plus être équipés d'installation à gaz liquéfié.

Les salles des machines ne doivent pas être équipées de moteurs ou de machines utilisant des carburants ayant un point éclair inférieur à 55° C (par exemple les moteurs à essence). Il ne doit pas y avoir de récipients contenant de tels carburants.

Le **point éclair** d'un carburant est la température à partir de laquelle ce carburant émet suffisamment de vapeurs inflammables pour qu'elles s'enflamment au contact d'une flamme ou d'une étincelle. Pour mémoire, le point éclair du **gazole ou du fioul** est d'environ + 65° C, celui de **l'essence** - 38° C, celui du **pétrole lampant** + 42° C et celui du **white spirit** + 41° C. Ces trois derniers produits ne peuvent donc pas être stockés en salle des machines.

Le **plan d'amarrage** doit correspondre au montage suivant :

- 1) **Garde lancer**
- 2) **Travers**
- 3) **Retraite**



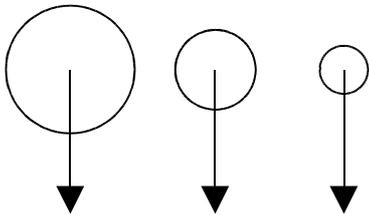
Le **nombre maximum de passagers** autorisé doit être clairement indiqué par une plaque visible à l'entrée du bateau.

Principes fondamentaux de la stabilité

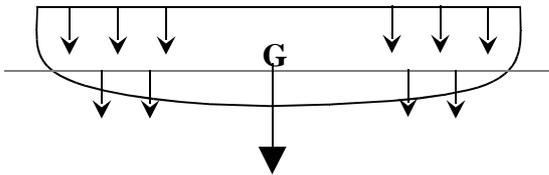
1.3 Définitions

1.3.1 Le centre de gravité

Chaque partie d'une masse, la plus infime soit-elle, est attirée vers le centre de la terre.



A masse égale, plus la densité augmente plus le volume diminue, mais le centre de gravité reste le même.

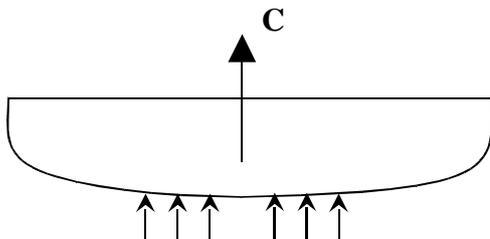


Sur ce schéma chaque vecteur représente une force.

La résultante de toutes ces forces est le poids du corps dont le point d'application est le centre de gravité (G)

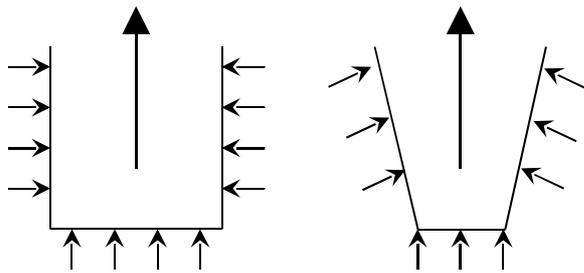
1.3.2 Le centre de carène

La flottabilité est la force qui fait flotter le bateau. C'est le résultat de poussée de l'eau qui agit verticalement sur la paroi immergée (poussée d'Archimède).



Le schéma ci-contre représente les forces en action sur la coque, dont le point d'application théorique de la résultante est le centre de carène (C).

Si deux coques sont de formes différentes, mais ont une même capacité, les poussées exercées sur celles-ci seront identiques.

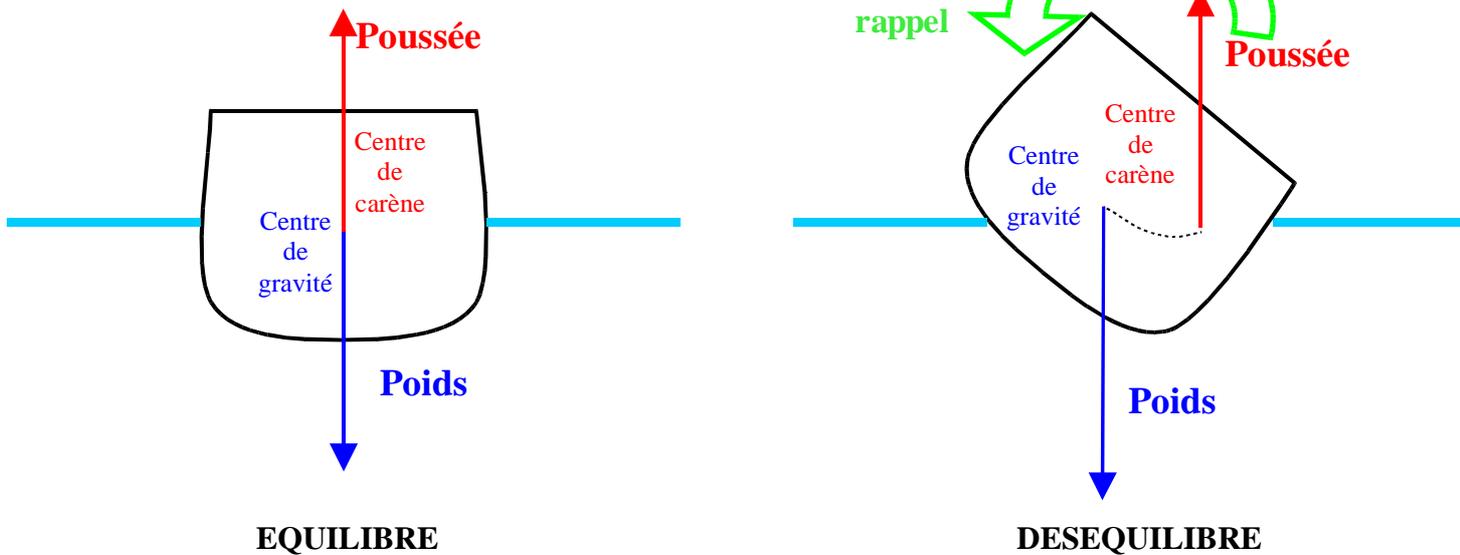


Les poussées exercées sur les deux coques ont identiques.

Tout corps plongé dans un liquide subit de la part de celui-ci une poussée de bas en haut égale au poids du volume de liquide déplacé.

Il faut retenir que le centre de gravité est lié au poids et que le centre de carène est lié à la poussée.

Un corps plongé dans l'eau subit donc une poussée du bas vers le haut par celle-ci. C'est le volume de ce corps qui détermine la valeur de la poussée.



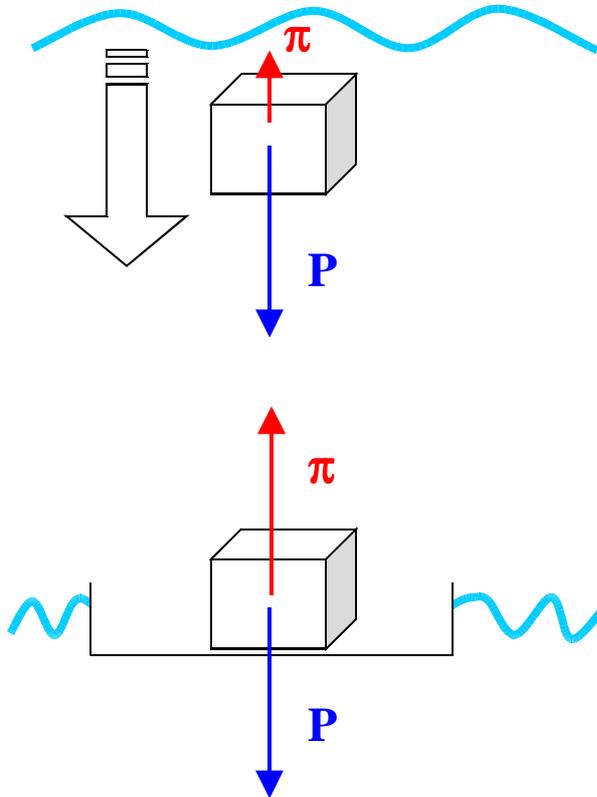
1.3.3 La flottabilité

Si un décimètre cube d'acier (masse volumique 7.8) est plongé dans l'eau, son poids (force qui l'attire vers le bas) est supérieur à la poussée d'Archimède qui agit vers le haut. Algébriquement nous disons que :

La force exercée par le poids P est positive alors que la poussée d'Archimède π est négative.

La force du poids apparent $P.ap$ est :

$$\begin{aligned} P.ap &= P - \pi \\ &= 7.8 - 1 \\ &= 6.8 \end{aligned}$$

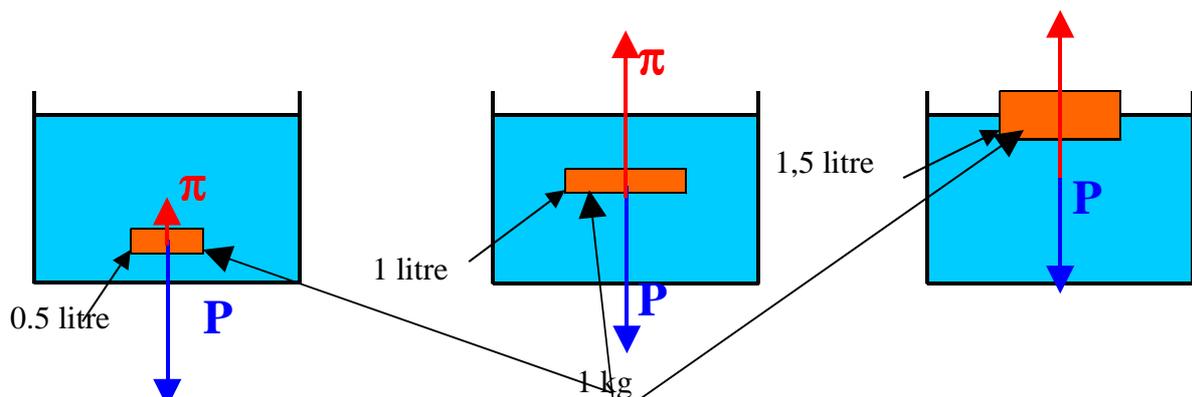


Pour empêcher cette masse de couler, il faudra lui procurer une réserve de flottabilité (ici $P > \pi$, la masse coule)

Réserve de flottabilité convenable en fonction du poids ($P = \pi$)

(Pour un même poids, le volume d'eau déplacé est plus important)

Plus on augmente le volume d'un poids donné plus on augmente sa flottabilité



Le poids est plus fort que la poussée, l'objet coule.

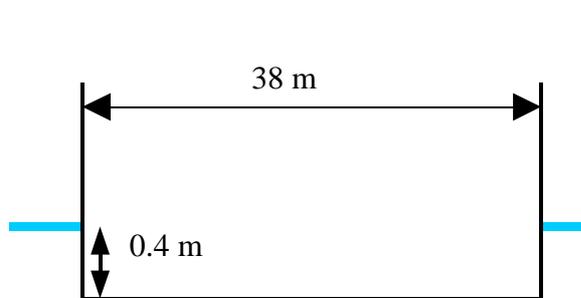
Le poids et la poussée sont égaux, l'objet est en équilibre entre deux eaux.

La flottabilité est plus importante que le poids, l'objet flotte.

Par conséquent la flottabilité d'une coque de bateau doit être supérieure au poids de la charge.

La poussée d'Archimède est d'autant plus importante que le poids du volume d'eau déplacé est important. L'eau salée ayant une masse volumique plus importante que l'eau douce, pour un même chargement, un bateau s'enfonce plus dans l'eau douce que dans l'eau salée.

Pour un bac de 38 mètres de long sur 5 mètres de largeur avec un enfoncement de 0.40 mètre ;



Le volume immergé est :
 $38 \times 5 \times 0.40 = 76 \text{ m}^3$

La masse de ce bac correspondant au poids du volume d'eau déplacé soit :
 76 m^3 pour 76 tonnes en eau douce.

Il est donc important que les constructeurs de bateaux portent un intérêt important au principe de flottabilité selon l'emploi de leur construction. La partie se trouvant au-dessus du plan de flottaison constitue la réserve de flottabilité.

1.4 La forme du bateau

La construction d'une coque de bateau doit être formée suivant deux conditions contradictoires.

1. le port en lourd, le plus important possible, est obtenu par des formes trapues.
2. la vitesse, est obtenue par des formes effilées.

La forme de la coque peut être différente selon le choix de la partie du réseau où le bâtiment est appelé à naviguer. La coupe d'une unité naviguant régulièrement sur le Rhône ou sur le Rhin n'est pas la même que celle d'un bâtiment construit pour naviguer exclusivement sur les canaux.

Les superstructures sont conditionnées simplement par des points de vue pratiques et esthétiques.

1.5 La stabilité

En construction fluviale, on entend par stabilité, la tendance qu'à un bâtiment à se redresser par ses propres moyens, d'une position inclinée.

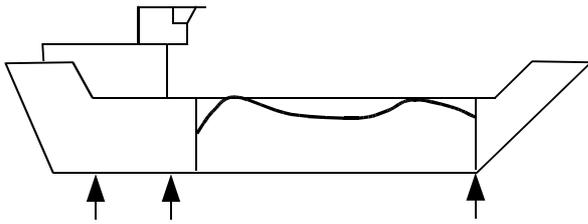
En principe, la stabilité pour un bâtiment chargé normalement rend tout chavirement impossible. Un chargement en pontée (au dessus des hiloires) trop lourd peut mettre la stabilité d'un bâtiment en péril.

1.5.1 Stabilité longitudinale

Au cours des opérations de chargement, il faut toujours veiller à ce que la marchandise soit judicieusement répartie afin de conserver une assiette convenable du bâtiment.

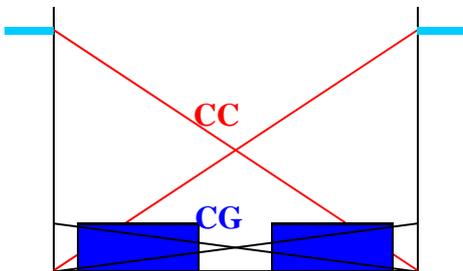
Les chargements et déchargements provoquent des fatigues et des tensions pouvant risquer la déformation de la coque, principalement sur la longueur.

Un bâtiment doit être chargé de façon à ce que la poussée de l'eau s'oppose au poids de la marchandise, sans que la coque ne soit soumise à des efforts excessifs.

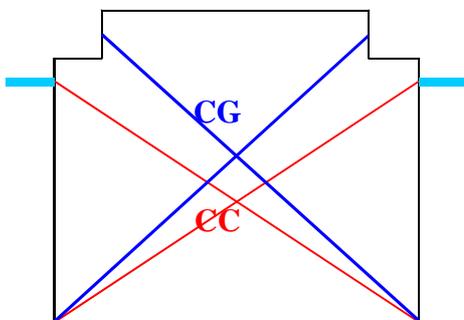


Le poids de la marchandise à l'avant et à l'arrière doit compenser les poussées de l'eau sur les parties vides du bâtiment : logements, salles des machines, cofferdams.

1.5.2 Stabilité transversale



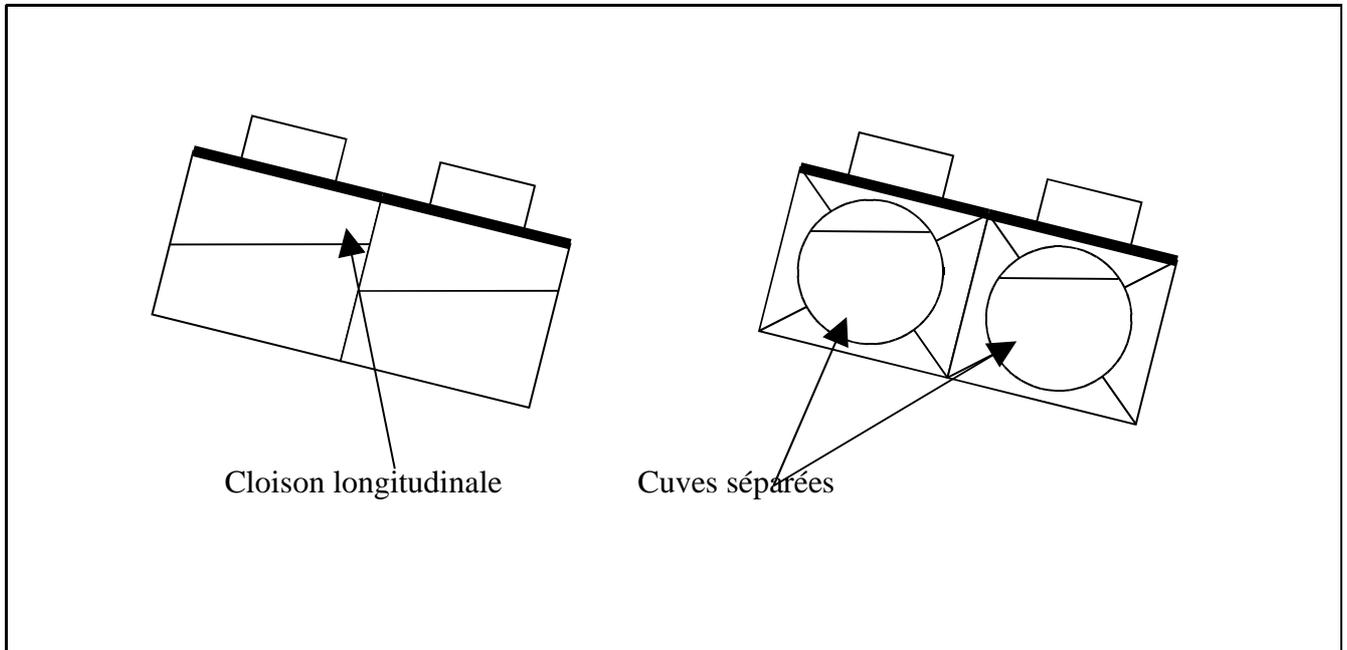
Quand le centre de gravité se trouve en dessous du centre de carène, le bâtiment est stable. C'est le cas d'un chargement de marchandises très dense, comme les lingots de plomb ou de cuivre, les tôles, le sable etc...



Quand le centre de gravité se trouve au dessus du centre de carène, le bâtiment a tendance à se balancer d'un bord à l'autre. C'est le cas d'un chargement de pâte de bois, de charbon, de grumes, etc....

Plus la pontée est haute, plus haut est le centre de gravité et d'autant plus éloigné du centre de carène, ce qui met en péril la stabilité du bâtiment.

Pour un transport de matière liquide, le centre de gravité est mouvant. Pour éviter qu'il se déplace trop sur un bord, la cale est pourvue de cloisons ou de cuves séparées.

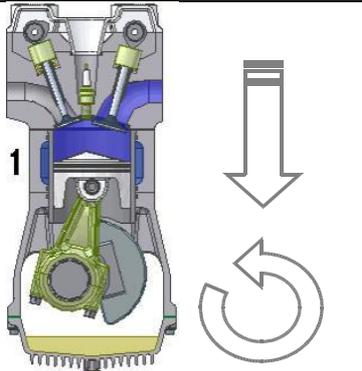
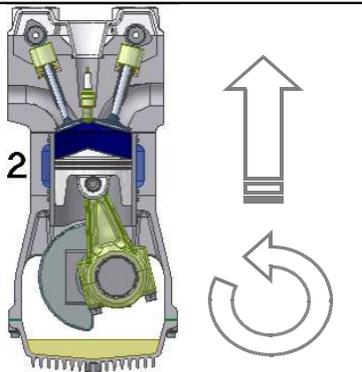
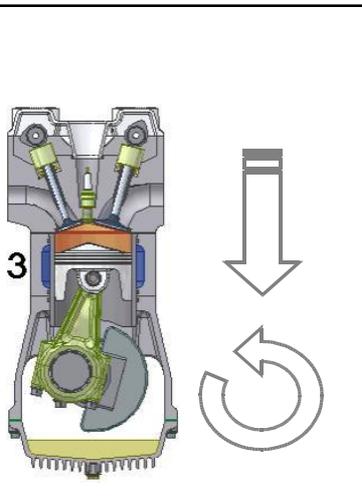
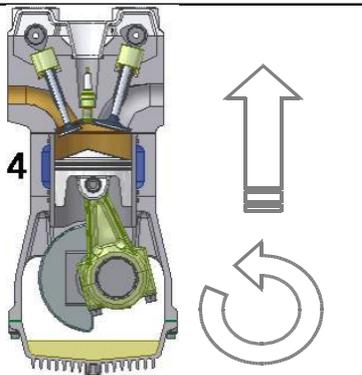


2.Mécanique - motorisation

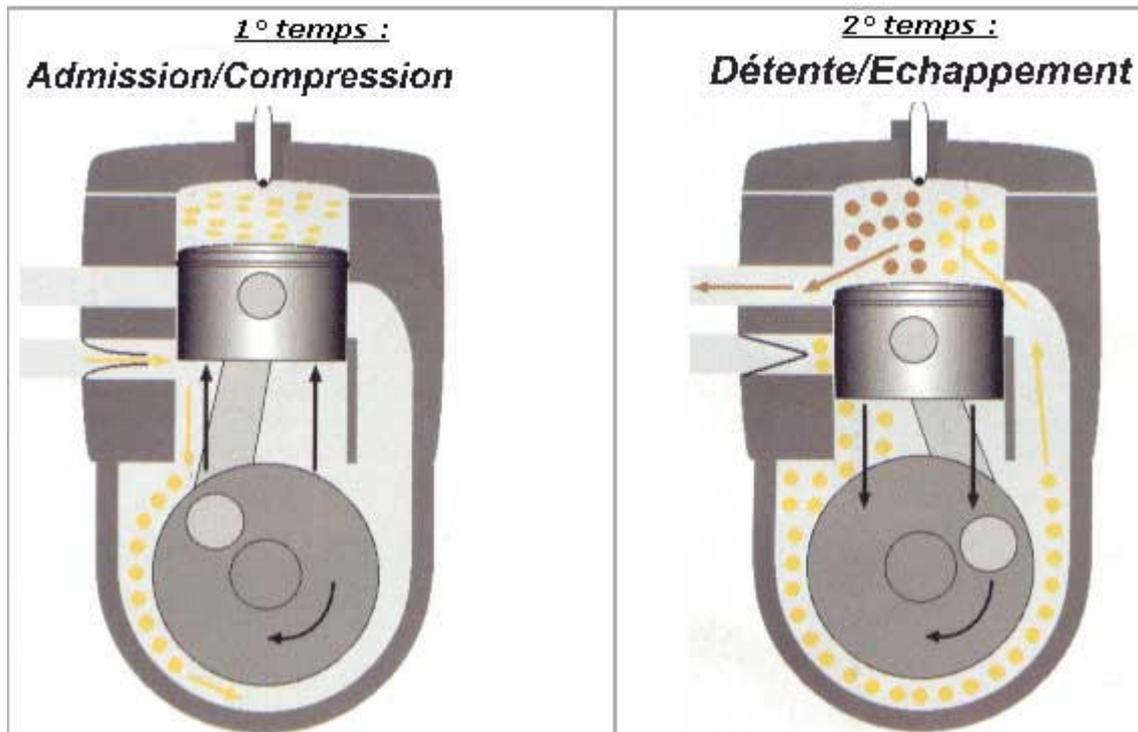
Un moteur thermique à combustion interne est constitué de nombreux éléments. Les principaux sont les suivants

- Le bloc moteur ou bloc cylindres. C'est l'organe du moteur autour duquel sont fixés tous les autres. Les moteurs les plus courants sont dits « en ligne » lorsque les cylindres sont placés les uns derrière les autres sur une seule ligne et « en V » lorsqu'ils sont placés sur 2 lignes, plus ou moins inclinées l'une par rapport à l'autre.
- Les pistons qui se déplacent à l'intérieur des cylindres. Pour les moteurs classiques, il y a un piston par cylindre.
- Les bielles. Chaque piston est relié à l'aide d'une bielle au vilebrequin.
- Le vilebrequin : il s'agit de l'arbre principal du moteur. Il a la forme d'une manivelle. Sa fonction principale est de transformer, à l'aide des bielles, le mouvement rectiligne et alternatif des pistons en un mouvement rotatif continu.
- Les culasses. Leur fonction est de fermer les cylindres en permettant les échanges

2.1 Le cycle à 4 temps

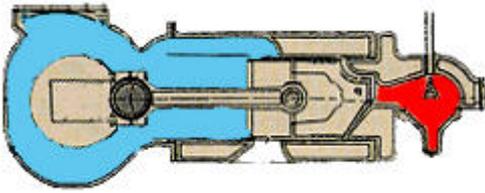
	<p>1er temps : Admission ou Aspiration</p> <p>Le piston se déplace depuis le sommet de sa course (appelé point mort haut ou PMH) vers le bas (point mort bas PMB), entraîné par le vilebrequin et la bielle. Le volume du cylindre augmentant, il s'y crée une dépression. La soupape d'admission est ouverte, ce qui permet à l'air d'être aspiré dans le cylindre. S'il s'agit d'un moteur à essence, cette essence est introduite dans le cylindre en même temps que l'air, en revanche, s'il s'agit d'un Diesel, c'est de l'air seul qui est aspiré.</p> <p>Le vilebrequin parcourt ½ tour</p>
	<p>2ème temps : Compression</p> <p>Les deux soupapes sont fermées. Le piston est repoussé par le vilebrequin et la bielle vers le haut (depuis le PMB jusqu'au PMH). Le volume du cylindre diminue, ce qui a pour effet de provoquer une augmentation de la pression qui à son tour provoque une élévation de température.</p> <p>Le vilebrequin parcourt ½ tour</p>
	<p>3ème temps : Combustion suivie de détente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Moteur à essence : une impulsion électrique à haute tension est envoyée à la bougie, ce qui provoque une étincelle. Cette étincelle provoque l'explosion du mélange air/essence, ce qui repousse le piston vers le bas, jusqu'à son PMB • Moteur Diesel : du carburant est introduit sous forme finement pulvérisé dans le cylindre. Sous l'effet de la température et de la pression, le carburant s'enflamme spontanément, provoquant une brusque augmentation de la température et par conséquent de la pression. Cette augmentation de pression repousse le piston vers son PMB. <p>Ce temps est aussi appelé temps moteur, c'est en effet le seul moment où le piston entraîne le vilebrequin et produit de l'énergie.</p> <p>Le vilebrequin parcourt ½ tour</p>
	<p>4ème temps : Echappement</p> <p>La soupape d'échappement est ouverte, le piston est repoussé par le vilebrequin et la bielle vers le PMH, ce qui permet d'évacuer les gaz brûlés.</p> <p>Le vilebrequin parcourt ½ tour</p> <p>Au total le vilebrequin parcourt donc 2 tours complets pendant le cycle, mais n'a produit du travail que pendant un seul ½ tour</p>

2.2 Le cycle à 2 temps

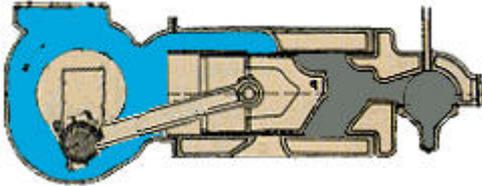


Il n'y a pas de soupapes dans ce type de moteur. Lorsque le piston se déplace vers le haut, il y a compression dans le cylindre. Dans le même temps, il y a une dépression dans le compartiment situé sous le piston (carter). Comme ce carter est relié à l'air libre par l'intermédiaire de clapets, ce dernier s'emplit d'air. Lorsque le piston redescend, chassé par l'explosion dans le cylindre, le carter se met sous pression. Lorsque le piston arrive vers son PMB, il découvre la lumière d'échappement, ce qui permet l'évacuation des gaz. Dans le même temps, la lumière de transfert est elle aussi découverte, ce qui permet à l'air sous pression contenu dans le carter de monter, par le canal de transfert, remplir le cylindre en air frais.

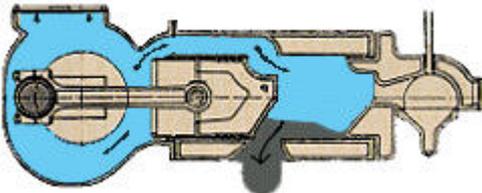
Dans ce type de moteur, le cylindre effectue plusieurs opérations simultanément, ce qui permet d'obtenir un temps moteur à chaque tour au lieu d'un tour sur deux pour un moteur à 4 temps. On peut en conclure que ce type de moteur est plus puissant pour une taille donnée. Les bateaux ont parfois été équipés de moteurs à 2 temps Diesel. Les moteurs de ce type les plus couramment installés étaient les moteurs de marque GM. Ces moteurs sont équipés d'un compresseur, aussi appelé pompe de balayage ou encore soufflante qui permet d'assurer le remplissage en air des cylindres via des lumières d'admission. L'échappement se fait en revanche par des soupapes comme sur un moteur à 4 temps.



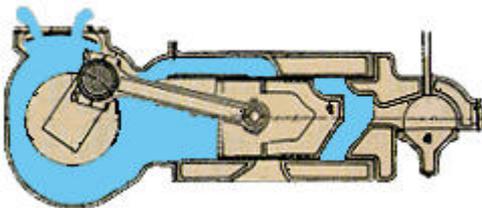
Quand le piston est en phase avant, environ 140° avant PMH (point mort haut) il y a injection du carburant, qui au contact de la boule chaude à 600° et du mélange d'air frais, provoque l'explosion.



Le piston est projeté vers l'arrière, et provoque la fermeture des clapets et comprime l'air, dans le carter.



Quand le piston est en phase arrière, (point mort bas) l'air comprimé dans le carter, s'évacue violemment vers l'avant du piston, par une ouverture parallèle au cylindre, (lumières de balayage) et chasse les gaz brûlés vers l'échappement.



En avançant le piston provoque l'ouverture des clapets d'air, afin d'en remplir le carter, ferme l'ouverture parallèle au cylindre, ferme l'échappement et emprisonne de l'air frais dans la boule, pour une nouvelle combustion.

2.3 Carburants

Les principaux carburants utilisés dans les moteurs thermiques sont l'essence et le gazole ou fioul. Il faut savoir qu'un produit, quel qu'il soit ne peut brûler que s'il se trouve à l'état de gaz ou de vapeur. On appelle « point d'éclair » la température à laquelle un carburant émet des vapeurs en quantité suffisante pour qu'elles puissent s'enflammer si elles se trouvent en contact d'une flamme ou d'une étincelle. Le point d'éclair de l'essence est d'environ -38°C . Le point d'éclair du gazole ou du fioul est voisin de $+65^\circ\text{C}$. Cela explique que l'essence à température ambiante s'enflamme si on approche une allumette, alors qu'il n'est pas possible d'enflammer dans les mêmes conditions du gazole. Une autre caractéristique des carburants est le « point d'auto-inflammation », c'est-à-dire la température à laquelle ce carburant s'enflamme seul, sans être mis en contact d'une flamme ou d'une étincelle. Le point d'auto-inflammation de l'essence est compris entre $+350$ et $+450^\circ\text{C}$ selon sa catégorie alors que celui du gazole ou du fioul est d'environ $+270^\circ\text{C}$. Cette caractéristique du gazole est très importante car dans un moteur Diesel, l'allumage est obtenu par auto-inflammation du carburant au contact de l'air surchauffé par la compression dans le cylindre. La densité de l'essence est d'environ 0,72, celle du gazole d'environ 0,82.

Comme ces produits ne sont pas ou peu miscibles à l'eau, en cas de mélange ou d'épandage de produit sur l'eau, le gazole ou l'essence flotteront sur l'eau.

2.4 Systèmes de transmission

Dans les systèmes de propulsion classique de bateau, le mouvement du moteur est transmis à une hélice qui va pousser le bateau. Une vitesse de rotation trop importante risque de provoquer des phénomènes de cavitation nuisibles. Pour éviter ces phénomènes, il est nécessaire de limiter la vitesse de l'hélice. Pour les moteurs à régime semi rapide ou rapide (+ de 1 000 tours/minute) on place entre le moteur et l'hélice un réducteur. La chaîne cinématique d'un tel ensemble est généralement identique à celle-ci



- Le rôle de l'embrayage est de transmettre ou non le mouvement du moteur à l'hélice et également, dans la majorité des cas, d'inverser le sens de rotation afin d'obtenir la marche arrière. A noter que dans certains cas, assez rares aujourd'hui, on n'utilise pas d'inverseur, c'est le moteur lui-même qui est réversible, c'est à dire qu'il peut tourner dans les deux sens.
- Le réducteur, nous l'avons vu, abaisse le régime de rotation. Le réducteur est presque toujours intégré à l'embrayage.
- L'accouplement, généralement élastique ou à joint de cardan sert à permettre les écarts de lignage entre l'arbre de sortie du réducteur et l'arbre porte hélice. Il peut, dans une certaine mesure, absorber certains chocs survenant lors de passage de corps étrangers dans l'hélice.
- La butée transmet la poussée de l'hélice à la coque du bateau.
- L'arbre porte hélice doit traverser la coque par un dispositif généralement constitué d'un tube d'étambot à presse-étoupe qui assure l'étanchéité.
- L'hélice est, le plus souvent en navigation intérieure, à pas fixe, mais peut être aussi à pas variable.

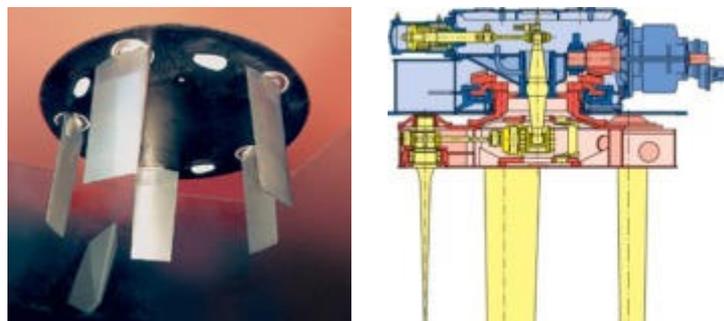
Au lieu de ce système de transmission classique, certains bateaux utilisent d'autres systèmes. On peut citer pour mémoire le dispositif à bras plongeur (Schottel®, Hydro Armor®...) dans lesquels la transmission peut être mécanique ou hydraulique et où la marche arrière s'obtient en retournant complètement le propulseur. On nomme ce dispositif «hélice gouvernail». Malgré ce nom, ce système ne dispose pas de safran de gouvernail. On commence à voir apparaître également des propulsions électriques où le moteur est enfermé

dans un «pod» immergé. Ces deux systèmes ont pour avantage de ne pas nécessiter la traversée de la coque par l'arbre porte hélice, risque potentiel de fuite. Le deuxième avantage est de permettre une propulsion sur 360°.



Hélice gouvernail Schottel ®

Un autre système de propulsion utilise un rotor à axe vertical sur lequel des pales à orientation variable assurent la poussée sur 360°. Ce système est commercialisé par la firme Voith-Schneider.



Propulseur de Voith-Schneider ®

2.5 Fluides

Pour fonctionner, le moteur et ses accessoires doivent être alimentés en un certain nombre de fluides. Ceux-ci sont indispensables et doivent répondre à des normes plus ou moins sévères en fonction de leur utilité et des exigences des constructeurs.

- Le carburant : les moteurs marins utilisent ou du gazole ou du fioul pour leur fonctionnement. La différence essentielle entre ces deux produits est le taux de taxation qui leur est appliqué. Le gazole est en principe le carburant utilisé pour le fonctionnement des moteurs, le fioul est réservé au chauffage. Quelques exceptions sont prévues par l'Etat : l'agriculture, la navigation fluviale de commerce et la pêche professionnelle par

exemple.

- Le liquide de refroidissement : il sert à éliminer les calories produites par la combustion et par les différents frottements entre organes dans le moteur. Le liquide de refroidissement est composé d'eau, mais on obtient un meilleur résultat avec un liquide spécifique composé d'eau distillée ou déminéralisée pour éviter l'encrassement et l'entartrage du circuit et différents additifs : huile soluble pour éviter la corrosion, antigel...
- L'huile moteur. Elle a plusieurs rôles dans le moteur
 - Sa fonction principale est d'assurer la lubrification, c'est à dire de s'interposer entre les pièces en mouvement relatif afin de réduire le frottement métal contre métal et par conséquent l'usure,
 - Participer au refroidissement du moteur,
 - Participer à l'étanchéité de la segmentation,
 - Amortir les chocs entre les différentes pièces du moteur,
 - Evacuer les impuretés et imbrûlés provenant de la combustion.
- L'huile hydraulique. De plus en plus souvent, les moteurs entraînent des pompes hydrauliques qui fournissent l'énergie nécessaire à la conduite notamment, mais parfois aussi à d'autres choses : déplacement de timonerie, conduite de grue, propulseurs auxiliaires, boteurs, guindeaux, dispositifs de brêlage, pompes de déchargement...

Pour assurer un bon fonctionnement des différents organes du moteur, les fluides doivent être filtrés. Les filtres doivent répondre à des spécifications précises.
On peut citer pour mémoire

- Les filtres à huile (dynamiques, c'est-à-dire centrifuges et/ou statiques, c'est-à-dire immobiles, sous forme de cartouches de filtration). Leur rôle est d'éliminer les impuretés et limailles qui pourraient se trouver dans l'huile de lubrification du moteur.
- Les filtres à air qui doivent arrêter les poussières, notamment de silice, qui risqueraient de rayer les cylindres, compromettant ainsi leur étanchéité. Attention, un filtre à air encrassé aura pour effet d'augmenter la consommation du moteur, de diminuer sa puissance et de lui faire émettre des particules noires imbrûlées.
- Les filtres à carburant. Sur un moteur Diesel, les organes d'injection sont usinés avec une précision de l'ordre du micron. L'étanchéité entre les parties fixes et mobiles est assurée sans le concours de joints, uniquement par la précision des usinages et la petitesse des jeux. La plus petite impureté pénétrant entre ces pièces risquerait de les gripper ou de les rayer. Le filtre doit donc arrêter les impuretés les plus petites.

2.6 Refroidissement

Les moteurs produisent, lors de leur fonctionnement, une importante quantité de chaleur qu'il est indispensable d'évacuer sous peine de graves dysfonctionnements (grippage, voire fonte de certaines pièces). L'évacuation de cette chaleur s'effectue par un système de refroidissement plus ou moins complexe. Parmi les différents systèmes utilisés, nous pouvons citer les quatre les plus employés.

- Le système de refroidissement direct par air. Dans ce système, c'est l'air qui en circulant autour du moteur assure son refroidissement. La circulation d'air peut être naturelle (cyclomoteur, motopompe...) ou forcée par un ventilateur ou une turbine (certains groupes électrogènes). Ce type de refroidissement est difficilement adaptable pour des moteurs de forte puissance fonctionnant dans un local fermé.
- Le système de refroidissement par eau avec radiateur. Dans ce dispositif, de l'eau circule en circuit fermé dans le moteur. La réfrigération de cette eau est assurée par l'intermédiaire d'un radiateur lui-même refroidi par air. C'est le système le plus utilisé en automobile.
- Le système de refroidissement par eau avec échangeur de température. Là encore, de l'eau circule en circuit fermé dans le moteur. Son refroidissement est assuré par un échangeur de température (la marque la plus connue est Picker) dans le faisceau duquel on fait circuler de l'eau aspirée en rivière. Ce dispositif utilise donc 2 pompes à eau : une pour le circuit fermé et une seconde pour le circuit d'eau brute. Il faut noter que sur le circuit d'eau brute on devra installer et donc entretenir des filtres qui permettront d'éviter le passage d'impuretés de taille trop importante.
- Le système de refroidissement de type keel cooling (refroidissement par la quille). Le refroidissement du moteur est obtenu par circulation d'eau en circuit fermé, cette eau étant refroidie par passage dans un système de serpentin immergé dans l'eau de rivière. Ce système ne nécessite qu'une seule pompe à eau.