

Lycée professionnel Gaston Barré

Baccalauréat professionnel

MAINTENANCE des VEHICULES AUTOMOBILES

SESSION 2013-2014

**Le carburant, le comburant,
la combustion et la carburation**

Nom :

Prénoms :

Alimentation en carburant et comburant – S32-2-	Technologie
Le carburant, le comburant, la combustion et la carburation	1/12

Préambule

La combustion dans un moteur thermique est la réaction chimique de la combinaison de deux corps (carburant et comburant) avec un apport calorifique.

La chaleur ainsi dégagée par la combustion engendre une pression à l'intérieur du cylindre et exerce une poussée sur le piston.

L'énergie fournie par le moteur est proportionnelle à l'énergie contenue dans le mélange carburé ainsi que de la qualité du déroulement de la combustion.

Le carburant

1- Les « essences »

Différentes normes nationales et internationales définissent les exigences minimales imposées aux essences.

La norme européenne EN 228 décrit, l'essence sans plomb utilisée en Europe (« Euro-Super »). Voir tableau ci-dessous.

Les essences sont constituées d'hydrocarbures mélangés à une certaine quantité de composés oxygénés organiques et d'additifs améliorant leurs propriétés.

Principales caractéristiques des essences sans plomb selon EN 228 (en vigueur depuis janvier 2000).

Caractéristique	Unité	Valeur numérique
Pouvoir antidétonant		
Supercarburant, min.	RON/MON	95/85
Essence ordinaire, min. ¹⁾	RON/MON	91/82,5
Super Plus ¹⁾	RON/MON	98/88
Masse volumique	kg/m ³	720 ... 775
Soufre, max.	mg/kg	150
Benzène, max.	Vol.-%	1
Plomb, max.	mg/l	5
Volatilité		
pression de vapeur en été, min./max.	kPa	45/60
pression de vapeur en hiver, min./max.	kPa	60/90 ¹⁾
quantité vaporisée à 70 °C en été, min./max.	% volume	20/48
quantité vaporisée à 70 °C en hiver, min./max.	% volume	22/50
quantité vaporisée à 100 °C, min./max.	% volume	46/71
quantité vaporisée à 150 °C, min./max.	% volume	75/-
fin d'ébullition, max.	°C	210
VLI période transitoire ³⁾ , max. ²⁾		1150 ¹⁾

1) Valeurs valables en Allemagne, 2) VLI = Vapour Lock Index, 3) Printemps et automne.

Alimentation en carburant et comburant – S32-2-	Technologie
<p data-bbox="352 152 1134 188" style="text-align: center;">Le carburant, le comburant, la combustion et la carburation</p> <p data-bbox="1401 152 1465 188" style="text-align: right;">2/12</p> <p data-bbox="188 232 1422 383">On distingue l'essence ordinaire et le supercarburant. Le supercarburant possède un meilleur pouvoir antidétonant et est destiné aux moteurs à taux de compression élevé. Par ailleurs, les indices de volatilité des essences ne sont pas les mêmes en été qu'en hiver et peuvent différer d'une région à l'autre.</p> <p data-bbox="188 427 743 463"><u>Le pouvoir antidétonant (indice d'octane)</u></p> <p data-bbox="188 506 1474 616">L'indice d'octane d'un carburant caractérise la résistance de celui-ci à l'auto-inflammation par compression et élévation de température. En effet, le mélange air/essence admis dans la chambre de combustion ne doit pas s'enflammer avant que la bougie ne l'allume.</p> <p data-bbox="188 660 1489 810">Dans le cas contraire, on observe alors un phénomène d'auto-allumage, plus connu sous le terme de cliquetis (ou encore cognements). Le mélange s'enflamme tout seul avant le point d'allumage, le rendement baisse les températures augmentent et le moteur (piston, soupapes, chambre de combustion) se détériore.</p> <p data-bbox="188 855 1477 927">Au niveau international, deux procédures permettent de déterminer l'indice d'octane : la méthode « Recherche » (RON) et la méthode « Moteur » (MON).</p> <p data-bbox="188 972 1406 1043">Le RON est l'indice d'octane obtenu par la méthode « Recherche ». Il est déterminant pour le cliquetis à l'accélération.</p> <p data-bbox="188 1088 1422 1160">Le MON est l'indice d'octane obtenu par la méthode « Moteur ». Il intéresse principalement le cliquetis à haut régime. Cet indice est toujours plus faible que l'indice RON.</p> <p data-bbox="188 1205 347 1240"><u>Conclusion :</u></p> <p data-bbox="188 1285 1382 1357">La valeur numérique de l'indice d'octane (toujours inférieure à 100) indique le pourcentage volumique d'octane C₈H₁₈ additionné d'heptane C₇H₁₆.</p> <p data-bbox="188 1402 1382 1473">On attribue à l'octane l'indice 100 (fort pouvoir antidétonant) et à l'heptane l'indice 0 (forte tendance détonante).</p> <p data-bbox="188 1518 1219 1554"><u>Donc un SP98 est un carburant composé de : 98 % d'octane et 2 % d'heptane.</u></p> <div data-bbox="169 1585 373 2007" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="397 1637 552 1673"><u>Remarque :</u></p> <p data-bbox="397 1718 1477 1789">Le SP95-E10 est un type de carburant sans plomb distribué en France depuis le 1er avril 2009. Ce carburant contient 90% de Sans Plomb 95 et 10 % de bioéthanol.</p> <p data-bbox="397 1834 1355 1906">Le bioéthanol est un carburant conçu à partir d'éthanol, c'est-à-dire de la fermentation du sucre de betterave, canne à sucre...</p>	

Alimentation en carburant et comburant – S32-2-	Technologie
Le carburant, le comburant, la combustion et la carburation	3/12

2- Le gazole

Les carburants diesel (gazole) sont un mélange de différents hydrocarbures dont le point d'ébullition se situe entre 180 et 370 °C.

Ils sont obtenus par distillation progressive du pétrole brut. Les raffineries incorporent par ailleurs au gazole de plus en plus de produits de conversion obtenus par craquage, autrement dit par fractionnement des grosses molécules des pétroles bruts.

Les exigences relatives aux gazoles sont spécifiées dans des normes, telle la norme EN 590 en vigueur dans tous les pays européens. Le tableau ci-dessous, résume les caractéristiques essentielles de cette norme.

1 Norme européenne EN 590 : sélection d'exigences pour gazoles (exigences dépendant du climat, valeurs pour climat modéré)

Critère	Paramètre	Unité
Indice de cétane	≥ 51	–
Indice de cétane calculé	≥ 46	–
CFPP ¹⁾ sur 6 catégories de période de l'année maxi.	+5...–20 ²⁾	°C
Point éclair	≥ 55	°C
Masse volumique à 15°C	820...845	kg/m ³
Viscosité à 40°C	2,00...4,50	mm ² /s
Pouvoir lubrifiant	≤ 460	µm (wear scar diameter)
Teneur en soufre ³⁾	≤ 350 (jusqu'à 31. 12. 2004) ; ≤ 50 (faible teneur en soufre, à partir de 2005 – 2008) ; ≤ 10 (sans soufre, à partir de 2009) ⁴⁾	mg/kg
Teneur en eau	≤ 200	mg/kg
Encrassement total	≤ 24	mg/kg
Teneur en FAME (diester)	≤ 5	% vol.

1) seuil de filtrabilité

2) défini au niveau national, 0...–20 °C pour l'Allemagne

3) le carburant sans soufre est proposé en Allemagne depuis 2003 et le sera à partir de 2005 sur tout le territoire de l'UE

4) proposition de l'UE

Alimentation en carburant et comburant – S32-2-	Technologie
Le carburant, le comburant, la combustion et la carburation	4/12

Inflammabilité, indice de cétane mesuré, indice de cétane calculé

Le moteur diesel fonctionnant sans allumage externe, l'auto-inflammation du carburant doit avoir lieu dans un laps de temps aussi court que possible (délai d'inflammation) après son injection dans l'air comprimé chaud de la chambre de combustion. L'inflammabilité caractérise l'aptitude d'un carburant diesel à s'auto-enflammer. Elle s'exprime par l'indice de cétane.

Plus l'indice de cétane (C₁₆H₃₄) est élevé, plus le gazole s'enflamme facilement.

On attribue au cétane (hexadécane), très inflammable, l'indice de cétane 100 et au méthylnaphtalène, très peu inflammable, l'indice de cétane 0.

Les moteurs modernes réclament pour fonctionner dans de bonnes conditions (bonne régularité cyclique, faibles émissions polluantes) un indice de cétane supérieur à 50.

Remarque :

janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
---------	---------	------	-------	-----	------	---------	------	-----------	---------	----------	----------

Qualité été du 01/04 au 31/10		
P.T :	—	T.L.F : ≤ - 2°C
		P.E : ≤ - 7°C
Qualité hiver du 01/11 au 14/12 et du 01/03 au 31/03		
P.T :	≤ - 5°C	T.L.F : ≤ - 15°C
		P.E : ≤ - 18°C
Qualité grand froid du 15/12 au 28/02		
P.T :	≤ - 8°C	T.L.F : ≤ - 20°C
		P.E : ≤ - 21°C

Légende :

Intitulé	Description
Point de Trouble	C'est la température à laquelle la paraffine, composante naturelle du carburant diesel, commence à se transformer en cristaux opaques de cire. Lorsque la température du carburant atteint le point de trouble, ces cristaux de cire recouvrent la cartouche du filtre et réduisent rapidement le débit, provoquant la sous-alimentation du moteur
Température Limite de Filtrabilité	C'est la température la plus basse à laquelle un volume de gazole peut encore traverser un filtre calibré dans des conditions normalisées lors d'un essai en laboratoire. Physiquement, la grosseur des cristaux de paraffine est telle, qu'elle devient suffisante pour obstruer les filtres
Point d'Écoulement	C'est la température à laquelle la paraffine du carburant se cristallise à tel point que le carburant se congèle et ne s'écoule plus. Les points d'écoulement varient mais se situent généralement entre 5,5°C et 11°C au-dessous du point de trouble.

Le comburant

1- Définition

Un comburant est un corps chimique qui a pour propriété de permettre la combustion d'un combustible soit :

- Par augmentation de la pression, d'où augmentation de la chaleur (Fonctionnement d'un moteur Diesel),
- Par l'adjonction d'une étincelle créant une source de chaleur (Fonctionnement d'un moteur essence).

Les principaux comburants :

- Dioxygène : O_2
- Ozone : O_3
- Peroxyde d'hydrogène (*Aussi appelée : Eau oxygénée*) : H_2O_2
- Acide nitrique : HNO_3
- ...

2- Composition de l'air sec

L'air est le mélange de gaz constituant l'atmosphère de la Terre. Il est sans couleur, invisible et sans odeur.

Au voisinage du sol, il est composé approximativement de :



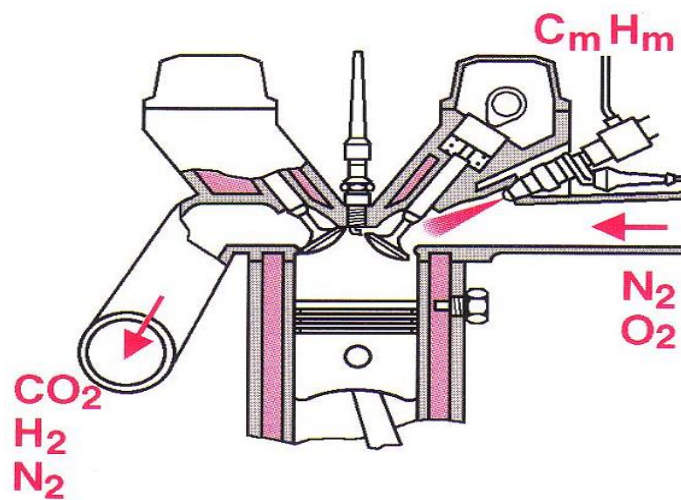
La combustion

1. Introduction

La combustion est une réaction chimique exothermique d'oxydo-réduction.

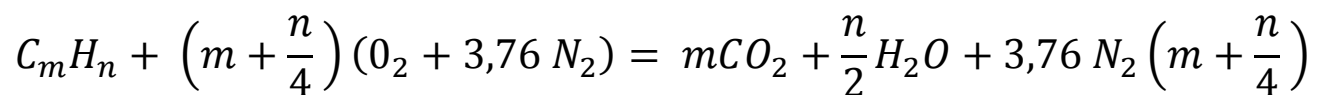
Lorsque la combustion est vive, elle se traduit par une flamme dans le cas d'une combustion ou par une explosion, si le front de flamme dépasse la vitesse du son (environ 340m/s).

Pour comprendre le principe d'une combustion, nous nous baserons sur le principe que les gaz d'échappement ne contiendraient que du dioxyde de carbone ou gaz carbonique (CO₂), de la vapeur d'eau (H₂O) et de l'azote (N₂).



2. L'équation de combustion complète

Comme énoncé auparavant, nous nous baserons sur une combustion complète, nous amenant à la formule suivant :



Remarque :

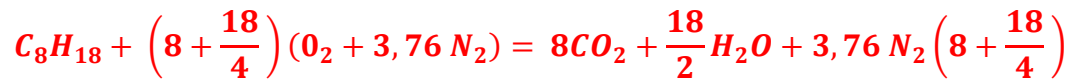
m : Correspond aux nombre d'atome de carbone

n : Correspond aux nombre d'atomes d'hydrogène

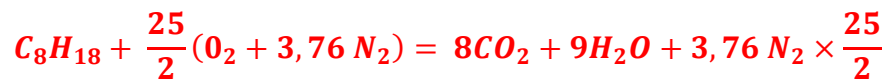
Les masses molaires en g/mole

C	12
H	1
O	16
N	14

Exercices d'applications pour un moteur à allumage commandé « essence »

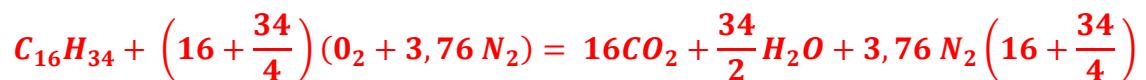
1. Indiquer le nom et la formule chimique brute du composé le plus important dans du SP95**Le nom de ce composé est l'octane et sa formule chimique est le C_8H_{18}** **2. Réécrivez l'équation de la combustion complète (page 6), à partir des valeurs trouvées en question 1.**A. Je réécris cette équation en changeant uniquement les termes m et n 

B. Je réécris cette formule en simplifiant les valeurs entre parenthèses

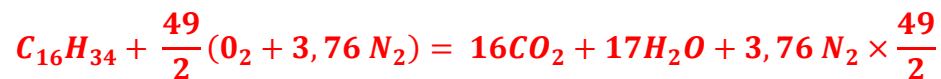
**3. À partir de la question 2.B, indiquer ci-dessous les masses nécessaires pour cette combustion complète**

Masse de carburant	Masse de comburant
C_8H_{18} Soit : $8 \times 12 + 1 \times 18 = 96 \text{ g} + 18 \text{ g} =$ <u>114 g</u>	$\frac{25}{2} (O_2 + 3,76 N_2) =$ $25/2 [(16 \times 2) + (3,76 \times 14 \times 2)] =$ <u>1716g</u>

Exercices d'applications pour un moteur à combustion interne « Diesel »

1. Indiquer le nom et la formule chimique brute du composé le plus important dans du gazole**Le nom de ce composé est le cétane et sa formule chimique est le $C_{16}H_{34}$** **2. Réécrivez l'équation de la combustion complète (page 6), à partir des valeurs trouvées en question 1.**A. Je réécris cette équation en changeant uniquement les termes m et n 

B. Je réécris cette formule en simplifiant les valeurs

**3. À partir de la question 2.B, indiquer ci-dessous les masses nécessaires pour cette combustion complète**

Masse de carburant	Masse de comburant
$C_{16}H_{34}$ Soit : $16 \times 12 + 1 \times 34 = 192 \text{ g} + 34 \text{ g} =$ <u>226 g</u>	$\frac{49}{2} (O_2 + 3,76 N_2) =$ $49/2 [(16 \times 2) + (3,76 \times 14 \times 2)] =$ <u>3363g</u>

La carburation

1. Introduction

La carburation consiste à réaliser un mélange carburé qui permette au moteur de fonctionner en toutes circonstances.

Le mélange carburant+ comburant devra satisfaire plusieurs conditions pour permettre une combustion la plus parfaite possible:

- Etre à l'état gazeux : La vaporisation
- Etre homogène : L'homogénéité
- Etre parfaitement dosé : Le dosage

2. La vaporisation

Pour mélanger et enflammer le mélange carburant+ comburant, il est nécessaire que les 2 corps aient le même état (gazeux).

Pour réaliser et rendre plus active la vaporisation d'un liquide, 3 solutions s'offrent à nous. Il faut agir sur :

- La température : En effet la vaporisation d'un liquide ne peut se faire sans absorption de chaleur.
- La pression car plus celle-ci est basse, plus l'évaporation est élevée. *(On peut utiliser un diffuseur, buse ou venturi, dont la propriété est d'accroître la vitesse de l'air au passage de la section la plus petite et ainsi augmenter la dépression au niveau de la section).*
- La surface d'évaporation, en pulvérisant l'essence, on augmente la surface en contact avec l'air donc il y a plus de volatilisation.

En conclusion, si je veux obtenir une vaporisation maximum, il faut:

- Augmenter la vitesse de l'air
- Augmenter la surface, donc l'efficacité de la pulvérisation
- Augmenter la dépression à l'admission donc « h » diminue
- Utilisé un carburant de grande volatilité

3. L'homogénéité

Pour mélanger et enflammer le mélange carburant + comburant, il est nécessaire que les 2 corps aient le même état (gazeux).

Il faut donc créer des turbulences (swirl, tumble) lors du remplissage moteur, afin de favoriser le brassage de l'air et des molécules de carburant.

L'homogénéité du mélange est réalisée par la forme des tubulures d'admission et du piston.

4. Dosage

La formation du mélange débute par l'introduction du carburant dans l'air aspiré. Le remplissage des cylindres dépend des conditions de fonctionnement du moteur.

Le dosage vise à adapter la quantité de carburant à la quantité d'air.

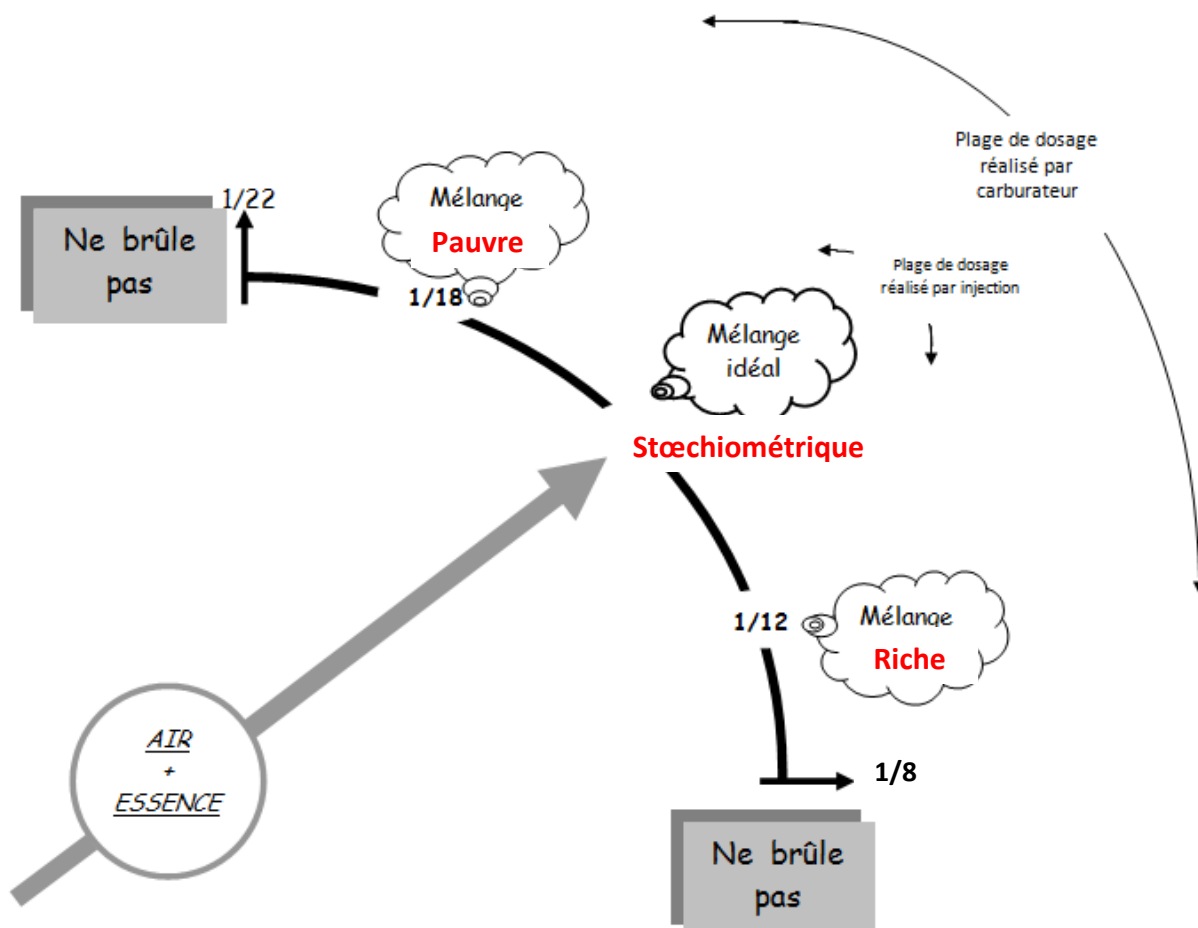
$$d = \frac{\text{Masse d'essence}}{\text{Masse d'aspiré}}$$

Le dosage parfait ou stœchiométrique est le résultat d'une combustion complète du carburant par l'apport juste nécessaire d'oxygène.

Pour des raisons techniques liées à l'architecture et au fonctionnement du moteur, le dosage utilisé ne sera pas forcément le dosage stœchiométrique.

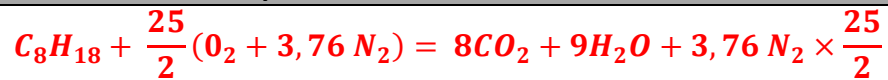
Au-delà des limites où le dosage est trop riche (1/ 8) ou trop pauvre (1/ 21), la combustion devient impossible.

On va faire varier le dosage du mélange entre les limites d'inflammabilité, et on note pour chaque point la puissance obtenue.



Exercice : Compléter le tableau ci-dessous à l'aide des exercices sur le moteur à allumage commandé de la page 7

1. Recopier la formule brute de la question 2B



2. Retranscrire les valeurs de masse de carburant et de comburant de la question 3

Masse de carburant	Masse de comburant
C_8H_{18} Soit : $8 \times 12 + 1 \times 18 = 96 \text{ g} + 18 \text{ g} =$ <u>114 g</u>	$\frac{25}{2}(O_2 + 3,76 N_2) =$ $25/2 [(16 \times 2) + (3,76 \times 14 \times 2)] =$ <u>1716g</u>

3. Si la masse carburant est de 1g, de combien sera la masse de comburant ? (aide : appliquer un produit en croix)

Si la masse de carburant est de 1 gramme alors la masse de comburant sera de :
 $1716/114 = 15,0526$ soit environ 15,05g

Remarque :

On obtient toujours la puissance maxi pour un dosage de 1 / 12,5.

Ce dosage en excès d'essence permet d'augmenter la vitesse de combustion.

Il est utilisé lorsque l'on désire le maximum de puissance du moteur en position pied à fond, en reprise mais aussi au ralenti.

5. Les différentes charges

Un moteur fonctionne sur une plage importante de vitesse de rotation et à charge variable.

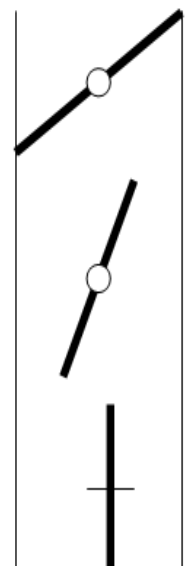
La charge est définie par la position du papillon dans le circuit d'admission (pour les moteur essence).

La position du papillon sera directement défini par le **couple résistant** qu'offre les conditions de roulage du véhicule.

*Charge mini papillon
des gaz, fermé*

charge partielle

Pleine charge



6. La richesse

La richesse (r), c'est la valeur réelle par rapport au dosage stœchiométrique soit :

$$richesse = \frac{\text{dosage réel}}{\text{dosage stœchiométrique}}$$

Exercice : Compléter le tableau ci-dessous

1. Indiquer la valeur ci-dessous pour un dosage stœchiométrique (Voir exercice 3 P10)		
Masse de carburant :	Masse de comburant :	Valeur du dosage stœchiométrique :
1g	15g	$\frac{1}{15}$
2. Sachant que lorsqu'on est en mélange parfait, le dosage réel est de 1/15, calculer la valeur de la richesse à cet instant « t »		
$richesse = \frac{\left(\frac{1}{15}\right)}{\left(\frac{1}{15}\right)} = \frac{15}{15} = 1$		
3. À partir des calculs de la question 2., calculer la richesse lorsque le dosage réel est :		
Pauvre :		
$richesse = \frac{\left(\frac{1}{18}\right)}{\left(\frac{1}{15}\right)} = \frac{15}{18} = 0,833$		
Riche :		
$richesse = \frac{\left(\frac{1}{12}\right)}{\left(\frac{1}{15}\right)} = \frac{15}{12} = 1,25$		

Conclusion :

- Si la Richesse = 1 ; on parle d'une richesse dites « **stœchiométrique** »
- Si la Richesse > 1 ; on parle d'une richesse dites « **riche** »
- Si la Richesse < 1 ; on parle d'une richesse dites « **pauvre** »

7. Le coefficient d'air

C'est l'inverse de la richesse. On le nomme aussi valeur Lambda noté : λ

$$\text{Coefficient d'air} = \frac{1}{\text{Richesse}} \text{ ou } \frac{\text{Dosage stoechiométrique}}{\text{Dosage réel}}$$

Exercice : Compléter le tableau ci-dessous

Indiquer la valeur du coefficient d'air pour un mélange		
Parfait : $\frac{1}{1}$ ou $\frac{15}{15} = 1$	Riche : $\frac{1}{1,25}$ ou $\frac{12}{15} = 0,8$	Pauvre : $\frac{1}{0,833}$ ou $\frac{18}{15} = 1,2$

Conclusion :

- Si la valeur lambda = 1 ; on parle d'un mélange « **parfait** »
- Si la valeur lambda > 1 ; on parle d'un « **pauvre** »
- Si la valeur lambda < 1 ; on parle d'une richesse dites « **riche** »

Remarque concernant les moteurs Diesel :

Un moteur Diesel fonctionne avec un excédent d'air car le temps disponible pour la préparation est très faible en raison du temps occasionné pour les molécules d'oxygène (le comburant) de se combiner aux molécules de carburant ($C_{16}H_{34}$).

D'où, une valeur approximative de 1 g de carburant pour 20 à 30 g de comburant.

Ainsi la valeur Lambda pour un moteur Diesel peut très facilement dépasser le coefficient de 2 !