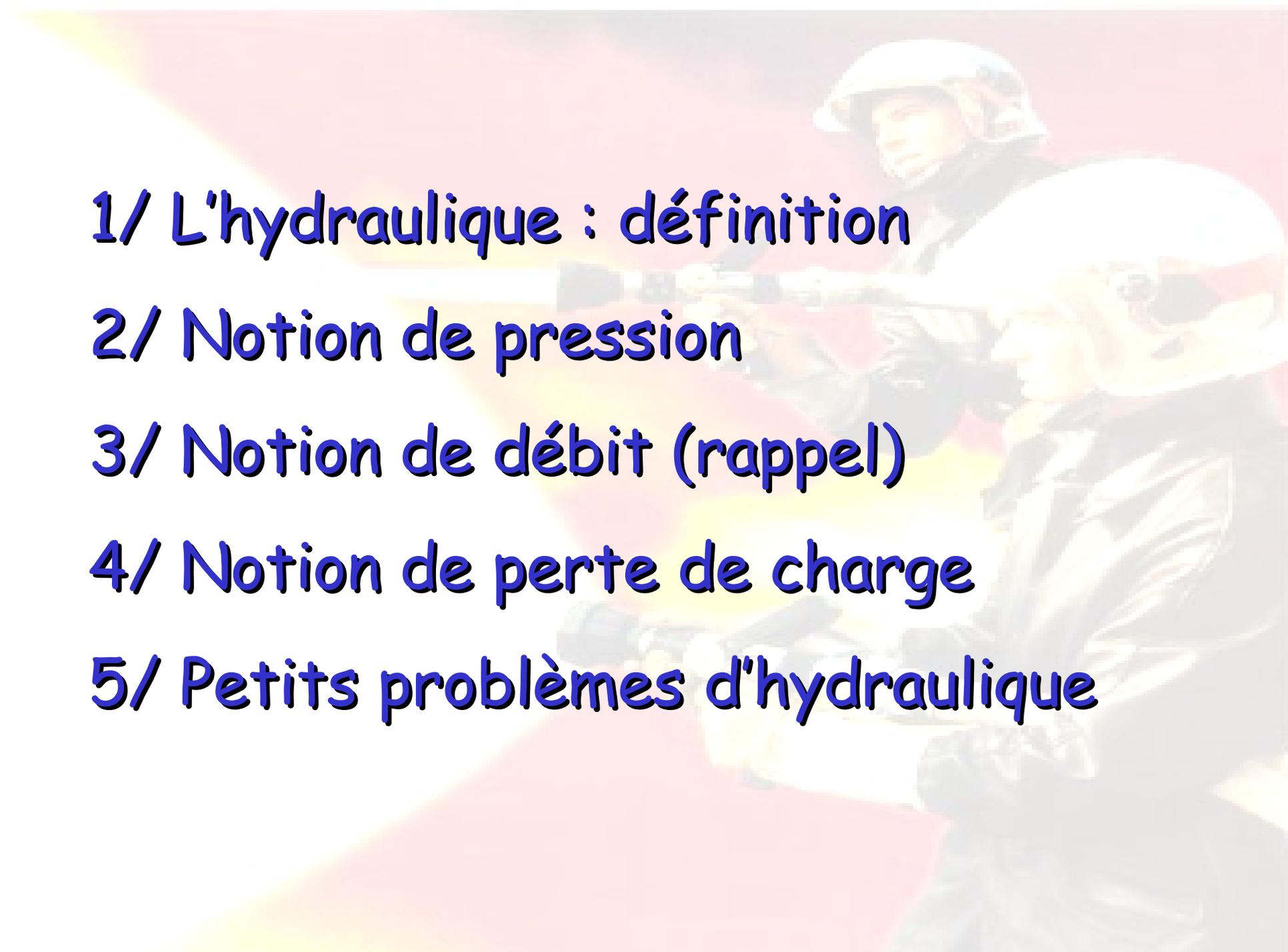


- 
- 1/ L'hydraulique : définition
 - 2/ Notion de pression
 - 3/ Notion de débit (rappel)
 - 4/ Notion de perte de charge
 - 5/ Petits problèmes d'hydraulique

1/ L'hydraulique :

Définitions

C'est une science qui étudie l'**hydrostatique** et l'**hydrodynamique** des liquides.

Hydrostatique : l'eau ne bouge pas (étude de l'équilibre des liquides)

Hydrodynamique : l'eau bouge ou circule dans les tuyaux (étude des mouvements des liquides)

L'hydraulique est donc une science qui décrit l'écoulement des liquides

En tant que jeunes sapeurs-pompiers, il est important de connaître trois grandeurs qui permettent de comprendre l'écoulement de l'eau dans les tuyaux.



Les trois grandeurs sont :

- la pression
- le débit
- les pertes de charges



PRISE
D'EAU

Engin-Pompe



2/ Notion de pression :

Définition

C'est une **force** exercée sur une unité de **surface** : plus la surface est grande, plus la pression est petite et inversement. Le symbole de la pression est la lettre P.

$$\text{Pression} = \frac{\text{force pressante}}{\text{surface pressée}}$$

Exemple

Un homme marche dans la neige avec ses chaussures



Il s'enfonce

Le pression exercée par le poids du corps sur la neige est grande.



Même exemple mais

Il chausse des raquettes



Il ne s'enfonce pas



Le poids de l'homme n'a pas changé par la pression qu'il exerce sur la neige a diminué car le poids s'exerce sur une surface plus grande.

Il existe différents types de pression :

- la pression atmosphérique : c'est la pression exercée par l'air (dans tous les sens) sur tous les objets qui nous entourent.

La pression atmosphérique est dite normale quand elle vaut 1013 hPa (hectoPascal) ce qui équivaut à 1 bar.

- **la pression statique** : c'est la pression exercée par une hauteur de colonne d'eau quand elle n'est pas en mouvement (exemple dans un poteau d'incendie).



- **la pression dynamique** : c'est la pression exercée par l'eau quand elle est en mouvement (exemple l'eau qui sort d'une LDV).

Il existe différentes unités de pression :

- En hydraulique, l'unité de mesure utilisée est **le bar**.

- Une pression de 1 bar correspond à la force exercée par une colonne d'eau de 10 mètres sur une surface de 1 cm^2 .

3/ Notion de débit :

Définition

Le débit d'une conduite d'eau ou d'un établissement est le **volume d'eau** qui en sort pendant **un temps donné**. Le symbole du débit est la lettre Q et s'exprime en mètre cube par heure (m^3/h).

$$Q = \frac{\text{volume d'eau}}{\text{temps}}$$

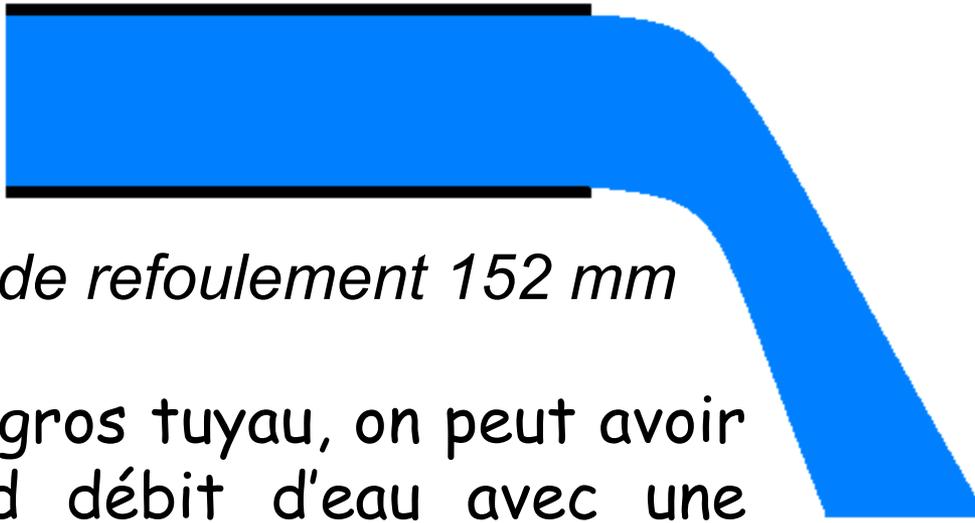
(m^3/h) (m^3) (h)

Il est important de comprendre que :

Cas 1

Tuyau de refoulement 152 mm

Avec un gros tuyau, on peut avoir un grand débit d'eau avec une faible pression.

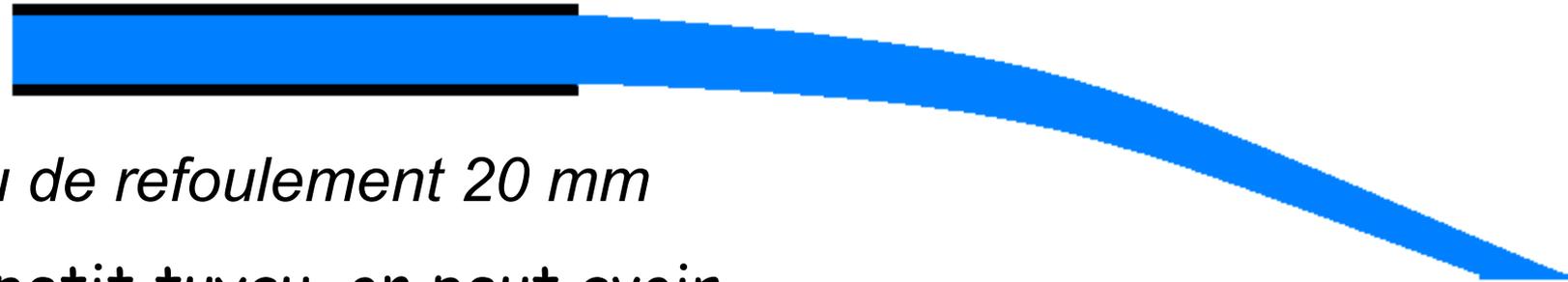


Dans les deux cas, en régime permanent, le débit qui entre dans le système est le même que le débit qui sort de ce système

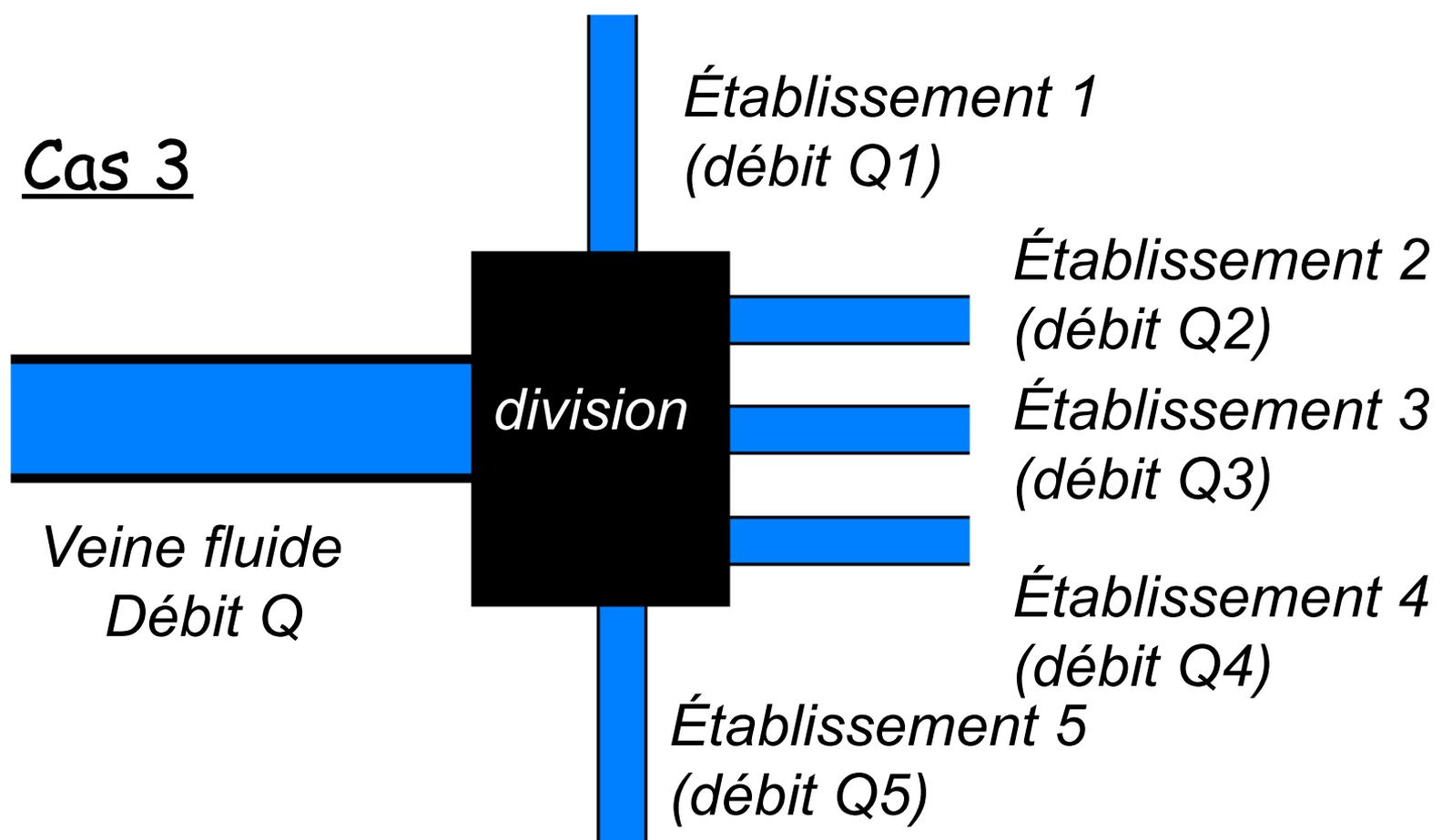
Cas 2

Tuyau de refoulement 20 mm

Avec un petit tuyau, on peut avoir un petit débit d'eau avec une grande pression.



Cas 3



Lorsqu'une veine fluide arrive à une division, le débit d'eau peut se diviser en partie égales ou inégales mais le total des débits dans les établissements est égal au débit d'entrée du système

$$(Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5)$$

4/ Notion de perte de charge :

Définition

On appelle « perte de charge », la différence de pression de l'eau entre l'entrée et la sortie de l'établissement de tuyaux.

Les pertes de charge sont dues aux frottements de l'eau contre les parois du tuyau et/ou à la différence de niveau entre les extrémités de l'établissement.

Le symbole de la perte de charge est J et elle s'exprime en bar par hectomètre (bar/hm).

Les 4 lois des pertes de charge

1^{ère} loi :

Les pertes de charge sont proportionnelles à la longueur de l'établissement : Si la longueur du tuyau est doublée alors les pertes de charge sont doublées etc.

2^{ème} loi :

Les pertes de charge sont proportionnelles au carré du débit : pour un même tuyau, si le débit d'eau est doublé alors les pertes de charge sont quadruplées.

3^{ème} loi :

Les pertes de charge sont inversement proportionnelles au diamètre du tuyau : pour un même débit d'eau, si le diamètre du tuyau est doublé alors les pertes de charge sont divisées par deux et inversement.

4^{ème} loi :

Les pertes de charge sont fonction de la rugosité du tuyau (toile ou P.I.L (paroi interne lisse)) : Plus le tuyau est lisse, plus les pertes de charges sont faibles.

Conséquences des pertes de charges

→ Nous constatons que l'écoulement dans de l'eau dans les tuyaux d'incendie, entraîne une perte de charge qui diminue la pression de la lance.

→ Il faut donc compenser cette perte de charge par une augmentation de la pression de refoulement à l'engin-pompe. La pression à l'engin-pompe est donnée par la formule :

$$P = (L \times J) + P_{\text{lance}} + (H/10)$$

The diagram illustrates the formula for the required pump pressure. It consists of the equation $P = (L \times J) + P_{\text{lance}} + (H/10)$ in red text. Below the equation, five black-bordered boxes contain definitions for each term, with arrows pointing from the boxes to the corresponding part of the formula:

- Pressure de refoulement totale à la pompe (bar)** points to P .
- Longueur totale du de l'établissement (hm)** points to L .
- Perte de charge de référence liée au débit (bar/hm)** points to J .
- Pression nécessaire à la lance (bar)** points to P_{lance} .
- Perte de charge liée à la dénivellation (m)** points to $(H/10)$.

Tableau de référence des pertes de charge pour les tuyaux souples et semi-rigide de refoulement

Diamètre du tuyau (en mm)	Débit en l/min	Débit en m ³ /h	Pertes de charges en b/hm
22	58	3,5	2,2
45	250	15	1,5
70	500	30	0,55
110	1000	60	0,28

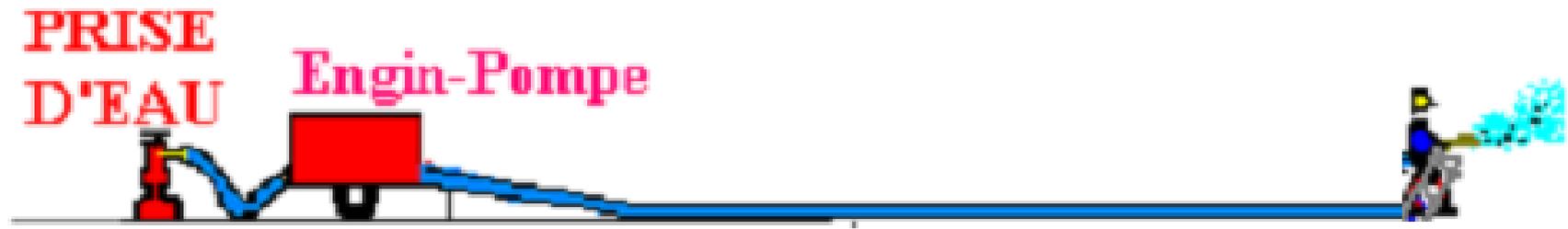
Tableau de référence des pertes de charge pour les lances

Nature de la Lance	Ø entrée Lance	Orifice de lance	Ø tuyaux	Pression de Refoulement (P)	Débit de la Lance (Q)	Perte de Charge Pour débit donné par 100m (J)
LDT	20	7	23	3,5 bars	58 l/min	1,5 bars
PL	40	14	45	3,5 bars	250 l/min	1,5 bars
GL	65	18	70	5,5 bars	500 l/min	0,6 bars
LGP	110	25	110	6 bars	1000 l/min	0,3 bars
LDV 250	40	-	45	6 bars	250 l/min	1.5 bars
LDV 500	40	-	45	6 bars	500 l/min	6 bars
LDV 1000	65	-	70	6 bars	1000 l/min	3 bars

5/ Petits problèmes d'hydraulique

Exemple 1 :

Une LDV est alimentée directement sur le FPT à 200 m (tuyaux de 70 mm). Quelle est la pression nécessaire à l'engin ?



Je calcule la pression de refoulement totale à l'engin :

$$P = (L \times J) + P_{\text{lance}} + \frac{H}{10}$$

$$P = (2 \times 0,55) + 1,5 + \frac{0}{10}$$

$$P = 7,1 \text{ bars}$$

Exemple 2:

Une LDV est établie sur une échelle à coulisse à 8m de haut et à 60m (tuyaux de 45mm) du FPT.
Quelle est la pression nécessaire à l'engin ?

Je calcule la pression de refoulement totale à l'engin :

$$P = (L \times J) + P_{\text{lance}} + \frac{H}{10}$$

$$P = (0,6 \times 1,5) + 6 + \frac{8}{10}$$

$$P = 7,7 \text{ bars}$$

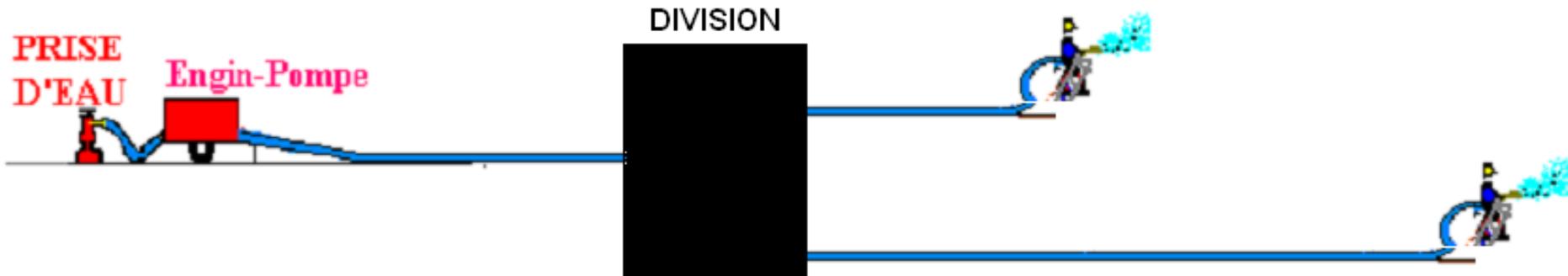
PRISE
D'EAU

Engin-Pompe



Exemple 3:

Un FPT alimente une division à 140 m (tuyaux de 70 mm). De cette division sont établies une LDV à 40m (tuyau 45mm) et une PL à 200m (tuyau 45mm). Quelle est la pression nécessaire à l'engin ?



Je calcule la pression de refoulement totale à l'engin :

$$P = (L \text{ \ࣖ } J) + P_{\text{lance}} + \frac{H}{10}$$

$$P = (1,4 \text{ \ࣖ } 0,55) + P_{\text{lance}} + \frac{0}{10}$$

$$P = 0,77 + P_{\text{lance}}$$

Je calcule la pression de refoulement à la LDV(250) | Je calcule la pression de refoulement à la PL

$$P = (L \text{ \ࣖ } J) + P_{\text{lance}} + \frac{H}{10}$$

$$P = (0,4 \text{ \ࣖ } 1,5) + 6 + \frac{0}{10}$$

$$P = 6,6 \text{ bars}$$

$$P = (L \text{ \ࣖ } J) + P_{\text{lance}} + \frac{H}{10}$$

$$P = (2 \text{ \ࣖ } 1,5) + 3,5 + \frac{0}{10}$$

$$P = 6,5 \text{ bars}$$

On prendra alors pour le calcul de la pression à l'engin la pression la plus grande des deux lances soit 6,6 bars donc :

$$P = 0,77 + 6,6$$

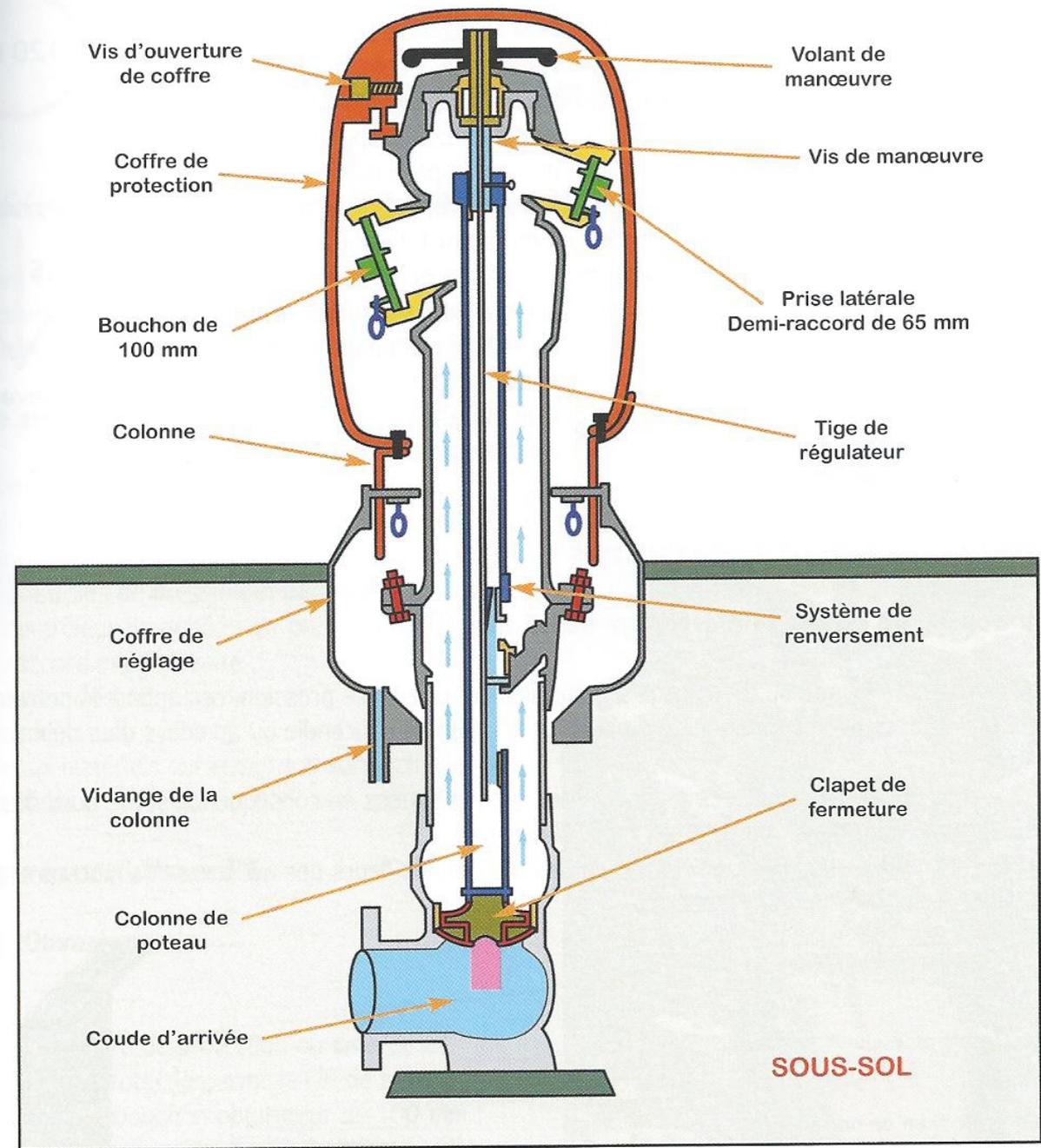
$$P = 6,37 \text{ bars}$$



Lance à débit et jet réglables
(LDV)



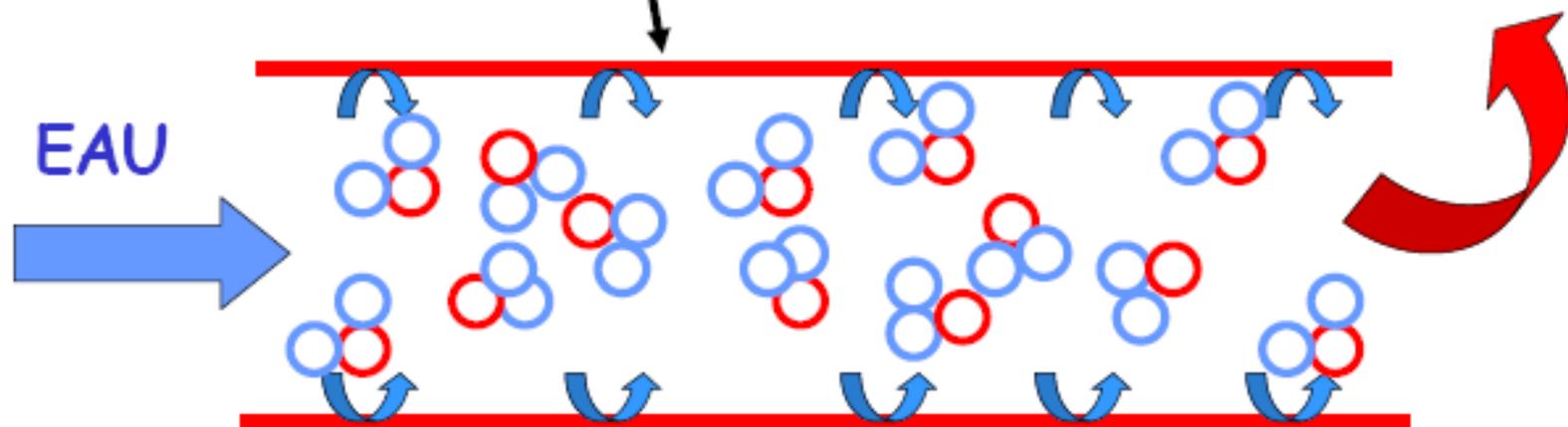
Lance à débit fixe et jet réglable



Poteau d'incendie de 100 mm



Le frottement des molécules d'eau sur les parois du tuyaux provoquent les pertes de charges



- 
- 1/ L'hydraulique : définition**
 - 2/ Notion de pression**
 - 3/ Notion de débit (rappel)**
 - 4/ Notion de perte de charge**
 - 5/ Petits problèmes d'hydraulique**

1/ L'hydraulique :

Définitions

C'est une science qui étudie l'hydrostatique et l'hydrodynamique des liquides.

Hydrostatique : l'eau ne bouge pas (étude de l'équilibre des liquides)

Hydrodynamique : l'eau bouge ou circule dans les tuyaux (étude des mouvements des liquides)

L'hydraulique est donc une science qui décrit l'écoulement des liquides

En tant que jeunes sapeurs-pompiers, il est important de connaître trois grandeurs qui permettent de comprendre l'écoulement de l'eau dans les tuyaux.

Les trois grandeurs sont :

- la pression
- le débit
- les pertes de charges



2/ Notion de pression :

Définition

C'est une **force** exercée sur une unité de **surface** : plus la surface est grande, plus la pression est petite et inversement. Le symbole de la pression est la lettre P.

$$\text{Pression} = \frac{\text{force pressante}}{\text{surface pressée}}$$

Exemple

Un homme marche
dans la neige avec
ses chaussures



Il s'enfonce

Le pression exercée par le poids du corps sur
la neige est grande.

Même exemple mais

Il chausse des
raquettes



Il ne s'enfonce pas



Le poids de l'homme n'a pas changé par la pression qu'il exerce sur la neige a diminué car le poids s'exerce sur une surface plus grande.

Il existe différents types de pression :

- la pression atmosphérique : c'est la pression exercée par l'air (dans tous les sens) sur tous les objets qui nous entourent.

La pression atmosphérique est dite normale quand elle vaut 1013 hPa (hectoPascal) ce qui équivaut à 1 bar.

- la **pression statique** : c'est la pression exercée par une hauteur de colonne d'eau quand elle n'est pas en mouvement (exemple dans un poteau d'incendie).



- la **pression dynamique** : c'est la pression exercée par l'eau quand elle est en mouvement (exemple l'eau qui sort d'une LDV).

Il existe différentes unités de pression :

- En hydraulique, l'unité de mesure utilisée est **le bar**.
- Une pression de 1 bar correspond à la force exercée par une colonne d'eau de 10 mètres sur une surface de 1 cm^2 .

3/ Notion de débit :

Définition

Le débit d'une conduite d'eau ou d'un établissement est le **volume d'eau** qui en sort pendant **un temps donné**. Le symbole du débit est la lettre Q et s'exprime en mètre cube par heure (m³/h).

$$Q = \frac{\text{volume d'eau}^{(m^3)}}{\text{temps}^{(h)}}^{(m^3/h)}$$

Il est important de comprendre que :

Cas 1

Tuyau de refoulement 152 mm

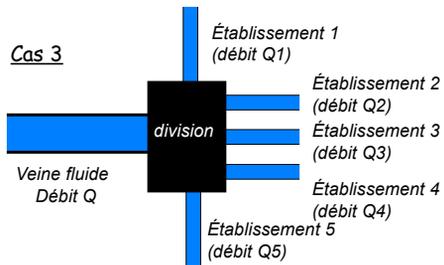
Avec un gros tuyau, on peut avoir un grand débit d'eau avec une faible pression.

Dans les deux cas, en régime permanent, le débit qui entre dans le système est le même que le débit qui sort de ce système

Cas 2

Tuyau de refoulement 20 mm

Avec un petit tuyau, on peut avoir un petit débit d'eau avec une grande pression.



Lorsqu'une veine fluide arrive à une division, le débit d'eau peut se diviser en partie égales ou inégales mais le total des débits dans les établissements est égal au débit d'entrée du système

$$(Q = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5)$$

4/ Notion de perte de charge :

Définition

On appelle « perte de charge », la différence de pression de l'eau entre l'entrée et la sortie de l'établissement de tuyaux.

Les pertes de charge sont dues aux frottements de l'eau contre les parois du tuyau et/ou à la différence de niveau entre les extrémités de l'établissement.

Le symbole de la perte de charge est J et elle s'exprime en bar par hectomètre (bar/hm).

Les 4 lois des pertes de charge

1^{ère} loi :

Les pertes de charge sont proportionnelles à la longueur de l'établissement : Si la longueur du tuyau est doublée alors les pertes de charge sont doublées etc.

2^{ème} loi :

Les pertes de charge sont proportionnelles au carré du débit : pour un même tuyau, si le débit d'eau est doublé alors les pertes de charge sont quadruplées.

3^{ème} loi :

Les pertes de charge sont inversement proportionnelles au diamètre du tuyau : pour un même débit d'eau, si le diamètre du tuyau est doublé alors les pertes de charge sont divisées par deux et inversement.

4^{ème} loi :

Les pertes de charge sont fonction de la rugosité du tuyau (toile ou P.I.L (paroi interne lisse)) : Plus le tuyau est lisse, plus les pertes de charges sont faibles.

Conséquences des pertes de charges

→ Nous constatons que l'écoulement dans de l'eau dans les tuyaux d'incendie, entraîne une perte de charge qui diminue la pression de la lance.

→ Il faut donc compenser cette perte de charge par une augmentation de la pression de refoulement à l'engin-pompe. La pression à l'engin-pompe est donnée par la formule :

$$P = (L \times J) + P_{\text{lance}} + (H/10)$$

Pression de refoulement totale à la pompe (bar)	Longueur totale du de l'établissement (hm)	Perte de charge de référence liée au débit (bar/hm)	Pression nécessaire à la lance (bar)	Perte de charge liée à la dénivellation (m)
---	--	---	--------------------------------------	---

**Tableau de référence des pertes de charge pour
les tuyaux souples et semi-rigide de refoulement**

Diamètre du tuyau (en mm)	Débit en l/min	Débit en m ³ /h	Pertes de charges en b/hm
22	58	3,5	2,2
45	250	15	1,5
70	500	30	0,55
110	1000	60	0,28

**Tableau de référence des pertes de charge pour
les lances**

Nature de la Lance	Ø entrée Lance	Orifice de lance	Ø tuyaux	Pression de Refoulement (P)	Débit de la Lance (Q)	Perte de Charge Pour débit donné par 100m (L)
LDT	20	7	23	3,5 bars	58 l/min	1,5 bars
PL	40	14	45	3,5 bars	250 l/min	1,5 bars
GL	65	18	70	5,5 bars	500 l/min	0,6 bars
LGP	110	25	110	6 bars	1000 l/min	0,3 bars
LDV 250	40	-	45	6 bars	250 l/min	1,5 bars
LDV 500	40	-	45	6 bars	500 l/min	6 bars
LDV 1000	65	-	70	6 bars	1000 l/min	3 bars

5/ Petits problèmes d'hydraulique

Exemple 1 :

Une LDV est alimentée directement sur le FPT à 200 m (tuyaux de 70 mm). Quelle est la pression nécessaire à l'engin ?



Je calcule la pression de refoulement totale à l'engin :

$$P = (L \times J) + P_{\text{lance}} + \frac{H}{10}$$

$$P = (200 \times 0,55) + 1,5 + \frac{0}{10}$$

$$P = 7,1 \text{ bars}$$

Exemple 2:

Une LDV est établi sur une échelle à coulisse à 8m de haut et à 60m (tuyaux de 45mm) du FPT. Quelle est la pression nécessaire à l'engin ?

Je calcule la pression de refoulement totale à l'engin :

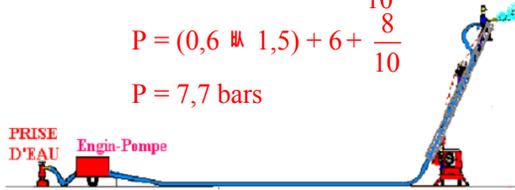
$$P = (L \times J) + P_{\text{lance}} + \frac{H}{10}$$

$$P = (0,6 \times 1,5) + 6 + \frac{8}{10}$$

$$P = 7,7 \text{ bars}$$

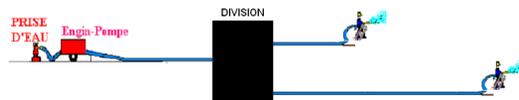
PRISE
D'EAU

Engin-Pompe



Exemple 3:

Un FPT alimente une division à 140 m (tuyaux de 70 mm). De cette division sont établies une LDV à 40m (tuyau 45mm) et une PL à 200m (tuyau 45mm). Quelle est la pression nécessaire à l'engin ?



Je calcule la pression de refoulement totale à l'engin :

$$P = (L \times J) + P_{\text{lance}} + \frac{H}{10}$$

$$P = (1,4 \times 0,55) + P_{\text{lance}} + \frac{0}{10}$$

$$P = 0,77 + P_{\text{lance}}$$

Je calcule la pression de refoulement à la LDV(250)

$$P = (L \times J) + P_{\text{lance}} + \frac{H}{10}$$

$$P = (0,4 \times 1,5) + 6 + \frac{0}{10}$$

$$P = 6,6 \text{ bars}$$

Je calcule la pression de refoulement à la PL

$$P = (L \times J) + P_{\text{lance}} + \frac{H}{10}$$

$$P = (2 \times 1,5) + 3,5 + \frac{0}{10}$$

$$P = 6,5 \text{ bars}$$

On prendra alors pour le calcul de la pression à l'engin la pression la plus grande des deux lances soit 6,6 bars donc :

$$P = 0,77 + 6,6$$

$$P = 6,37 \text{ bars}$$



Lance à débit et jet réglables
(LDV)



Lance à débit fixe et jet réglable

Voir livre JSP1 page 53

