

ASSOCIATION DÉPARTEMENTALE-MÉTROPOLITAINE DES JEUNES SAPEURS-POMPIERS

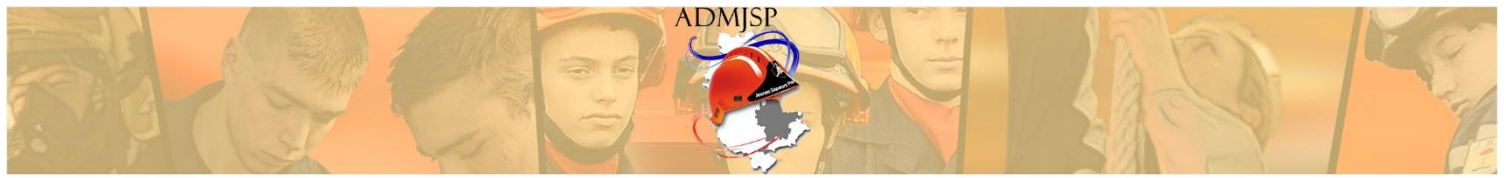
UV J.S.P. 3

Module : INC



Notions élémentaires d'hydraulique

Version 4



Préambule :

Contrairement au solide, un fluide n'a pas de résistance à la déformation. Un fluide s'adapte aux formes du récipient qui le contient : c'est la fluidité.

Les fluides sont sensibles aux pressions (force) : ils s'écoulent toujours d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression.

Un gaz est un fluide pesant, compressible et expansible.

Un liquide (eau par exemple) est un fluide incompressible ; il est donc particulier.

Nos établissements sont adaptés en fonction de la situation et de ses enjeux. Ces choix reposent sur les principes suivants :

- ↻ Acheminer l'agent extincteur le plus approprié (en général l'eau additivée ou non) ;
- ↻ Le faire dans les temps compatibles avec la cinétique de l'opération ;
- ↻ Préserver le potentiel physique des équipes pour favoriser la phase de lutte ;
- ↻ Anticiper l'évolution possible du sinistre et par conséquent les prolongements ou compléments à engager.

L'acheminement de l'eau à la lance répond aux lois de la physique. En effet, si l'on considère que l'eau est un élément qui se déplace d'un point à un autre, grâce, la plupart du temps à une pompe, elle rencontre sur son chemin, différentes contraintes qu'il est important de prendre en considération pour déterminer le type d'établissement en fonction de l'action à réaliser.

Le débit et la pression sont les deux principales caractéristiques qui permettent à l'eau de se déplacer (aspiration, cheminement, projection).

1 tuyau de 20 mètres de diamètre 45 mm contient 32 litres d'eau.

1 tuyau de 40 mètres de diamètre 70 mm contient 154 litres d'eau.

L'hydraulique étudie les lois des écoulements des liquides et leurs applications.

C'est une science mixte basée en partie sur la théorie hydrostatique et hydrodynamique des liquides :

- ↻ Hydrostatique : l'eau ne bouge pas (étude de l'équilibre des liquides).
On parle de pression statique : C'est la pression de l'eau dans les canalisations et les établissements lorsque toutes les lances sont fermées. Le débit est nul. Sur un terrain plat, cette pression est identique partout.



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

On parle alors de pression dynamique : c'est la pression de l'eau dans les canalisations et les établissements lorsque l'eau est en mouvements. Cette pression est différente dans tous les points des ces canalisations et établissements et nécessite de calculer les pertes de charges pour mettre en place les moyens adaptés (relais, noria).

Nota : pour celles et ceux qui le souhaitent, vous trouverez en annexe des exercices d'application.

I. PRESSION :

La pression : c'est le rapport de la force pressante sur la surface pressée. Selon la formule suivante :

$$P = \frac{F}{S}$$

Soit :

P = pression
F = force
S = surface

L'unité légale de la pression est le Pascal.

Mais les sapeurs-pompiers utilisent un multiple du Pascal = **le Bar**.

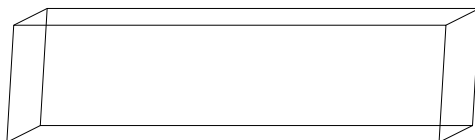


Mise en évidence : soit une brique de 2 kg ayant les dimensions suivantes :

$$L \times l \times \text{Epaisseur} = 20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$$

Premier cas : elle est posée à plat.

Surface $20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} = 200 \text{ cm}^2$
Pression $2 \text{ kg} \div 200 \text{ cm}^2 = 0,01 \text{ kg}$ ou 10 g/cm^2





ASSOCIATION DÉPARTEMENTALE-MÉTROPOLITAINE DES JEUNES SAPEURS-POMPIERS

Deuxième cas : elle est posée sur le plus grand des chants.

$$\begin{array}{lcl} \text{Surface :} & 5 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} & = 100 \text{ cm}^2 \\ \text{Pression} & 2 \text{ kg} \div 100 \text{ cm}^2 & = 0,02 \text{ kg ou } 20 \text{ g/cm}^2 \end{array}$$



Troisième cas : elle est posée sur le plus petit des chants

$$\begin{array}{lcl} \text{Surface :} & 5 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} & = 50 \text{ cm}^2 \\ \text{Pression :} & 2 \text{ kg} \div 50 \text{ cm}^2 & = 0,04 \text{ kg ou } 40 \text{ g/cm}^2 \end{array}$$



C'est dans ce dernier cas que la pression est la plus forte.

La force pressante (le poids de la brique) ne varie pas mais la profondeur de l'empreinte (dans un sol meuble) est d'autant plus profonde que la surface pressée est petite.

Pour les sapeurs-pompiers la pression est généralement connue ou à rechercher car elle est donnée soit :

- ↪ Par les engins : pour vaincre les pertes de charges et alimenter les lances,
- ↪ Par les constructeurs : en particulier pour les lances et certains accessoires hydrauliques afin que ceux-ci fonctionnent correctement.

Exemple : pour une LDV la pression requise à l'entrée de la lance est de 6 bars.



Force : on appelle force toute cause capable de provoquer soit :

- ↪ Un effet dynamique : produire ou modifier le mouvement d'un corps. Exemple : Déplacer une chaise un objet.
- ↪ Un effet statique : déformer un corps sans qu'il y ait mouvement de ce corps. Exemple : aplatissement d'une bouteille en plastique.

II. DEBIT :

C'est la quantité d'eau qui s'écoule dans un établissement pendant une unité de temps. Contrairement à la pression le débit qui entre dans un établissement (ou conduite) est le même qui sort de cet établissement.

De la même manière, lorsqu'une veine fluide arrive à une division, le débit peut se diviser en parties égales ou inégales mais le total des débits dans les établissements est égal au débit d'entrée de l'établissement.

Le débit dépend :

- ↪ De la section de la conduite ou de l'ajutage de la lance,
- ↪ De la vitesse de passage d'un liquide,

Le débit s'exprime en mètre cube par heure (m^3/h) ou litre par minute (l/min) ou mètre cube par seconde (m^3/s). Cette dernière est l'unité officielle.

Dans le vocabulaire opérationnel, on utilise deux unités :

- ↪ Litres par minute : généralement lorsque l'on parle de lance voire de pompe ;
- ↪ Mètre cube par heure : lorsque l'on parle des ressources en eau disponibles (hydrants notamment).

250 l / min	15 m^3 / H
500 l / min	30 m^3 / H
1 000 l / min	60 m^3 / H
2 000 l / min	120 m^3 / H
3 000 l / min	180 m^3 / H
4 000 l / min	240 m^3 / H

$$1 m^3 = 1\,000 l \text{ et } 1 dm^3 = 1 \text{ litre}$$



III. COUP DE BELIER :

Le coup de bélière est un phénomène de surpression à l'intérieur d'un tuyau ou d'une conduite dû à des variations de débit.

Ce coup de bélière, ou surpression, se produit lorsqu'on envoie brutalement l'eau dans les tuyaux ou que l'on manœuvre brutalement une vanne ou une lance.

Ce phénomène peut déstabiliser le porte-lance, déchausser un demi-raccord ou faire éclater un tuyau. La fermeture brutale d'une lance fait monter la pression à l'intérieur des tuyaux jusqu'à 25 bars.

Il se répercute jusqu'en amont de la pompe, dans les canalisations du réseau hydraulique.

IV. REACTION AUX LANCES :

On appelle réaction à la lance, la force que doit fournir le porte-lance pour compenser le recul de celle-ci.

Pour les L.D.V., la force de recul est donnée par le fabricant :

Exemple : MACH, MIDFORCE, MIDMATIC – diamètre orifice entrée 40 mm :

Débits en l/min	100	200	300	400	500	600
Force de recul en Kgf	4	10	15	21	27	33

Conséquence opérationnelle :

Lorsque le porte-lance a des difficultés à tenir la lance en raison du recul, il lui suffit de réduire le débit afin de voir la force de la réaction aux lances diminuer.



V. LA VITESSE DE L'EAU :

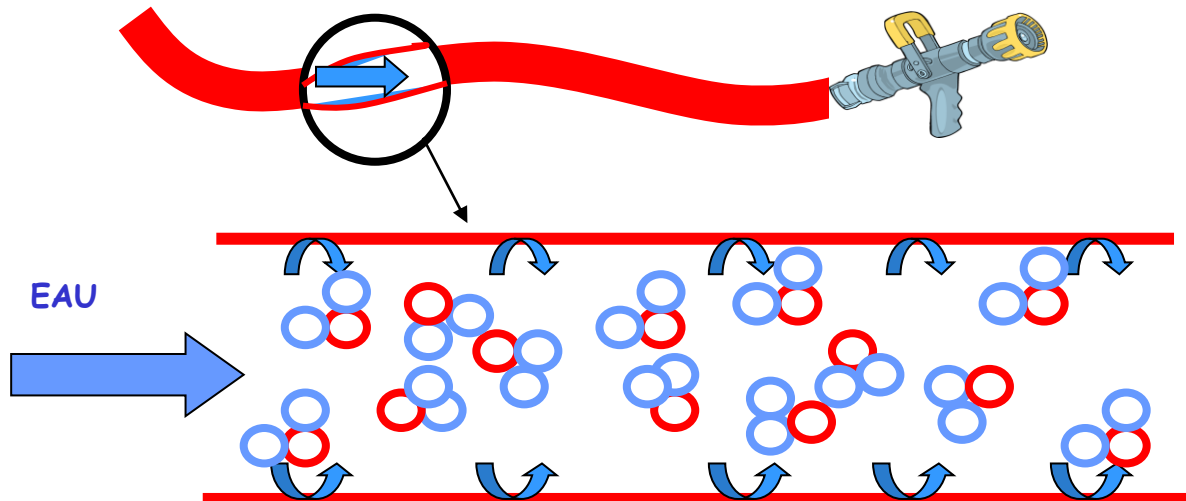
La vitesse c'est la distance parcourue dans un temps donné.

La vitesse est exprimée en m/s ou dm/s



VI. LES PERTES DE CHARGES :

Le frottement des filets d'eau en mouvements les uns sur les autres, le frottement de la veine d'eau sur la paroi plus ou moins lisse de la conduite ou la différence de niveau entre les extrémités de l'établissement provoquent des pertes de charges.



A. DEFINITION :

C'est la **différence**, dans un établissement ou une conduite, entre **la pression originelle** et la **pression résiduelle** subsistant à l'extrémité de cet établissement ou de cette conduite.

Les pertes de charges entraînent donc une diminution de la pression de l'eau aux lances. Il faut donc compenser cette diminution par une augmentation de la pression de refoulement à la pompe.

Elles sont totalement indépendantes de la pression, seul le débit est à prendre en considération.

B. DETERMINATION DE CES PRESSIONS :

1. Dans un établissement :

Pression originelle : pression de refoulement fournie par la pompe d'un engin d'incendie.

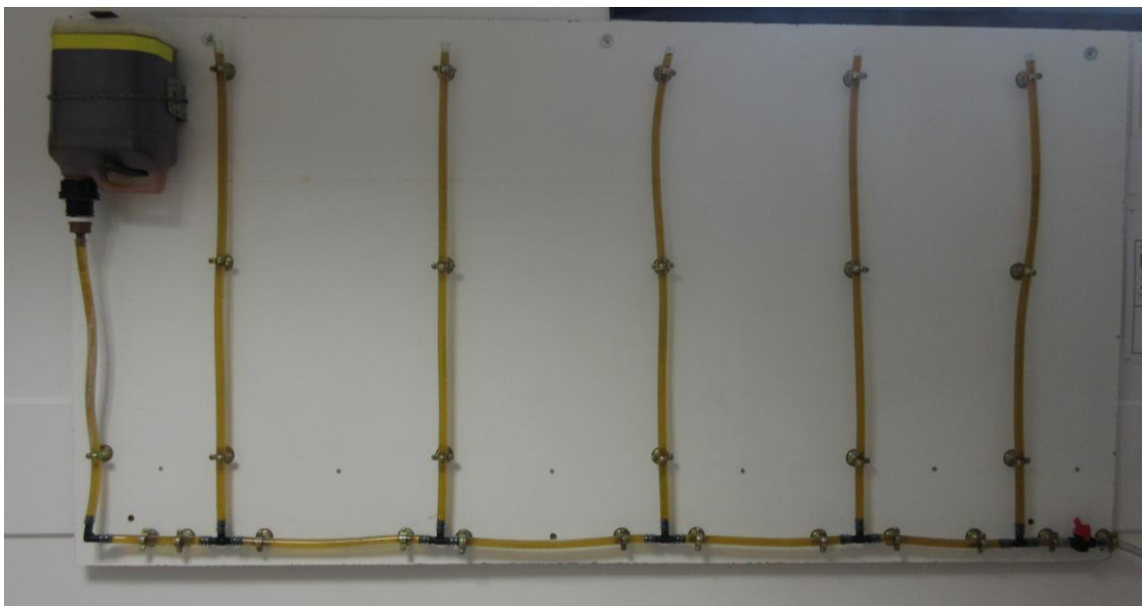
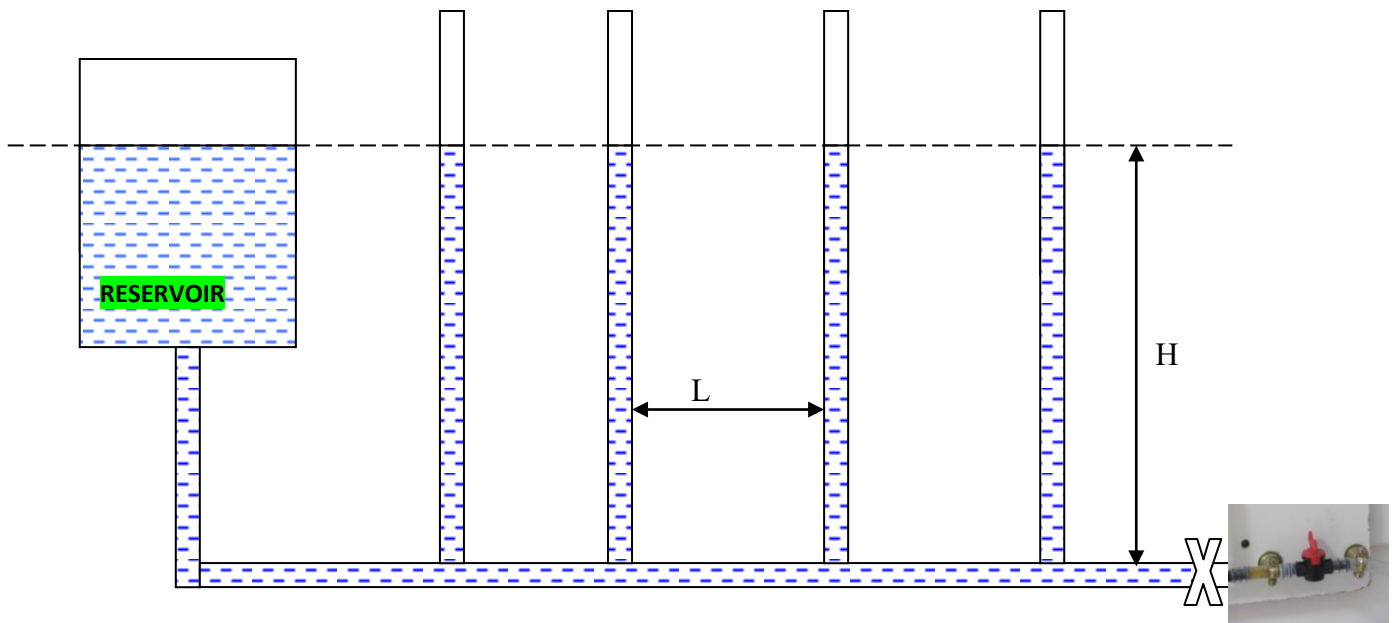
Pression résiduelle : pression à l'orifice de la lance.



2. Dans une conduite :

Considérons un réservoir d'eau à niveau constant alimentant une conduite horizontale fermée à son extrémité par une vanne X, sur cette conduite sont piqués des tubes verticaux débouchant à l'air libre.

↳ **Pression originelle :** pression statique (eau au repos par suite de la fermeture de l'hydrant).



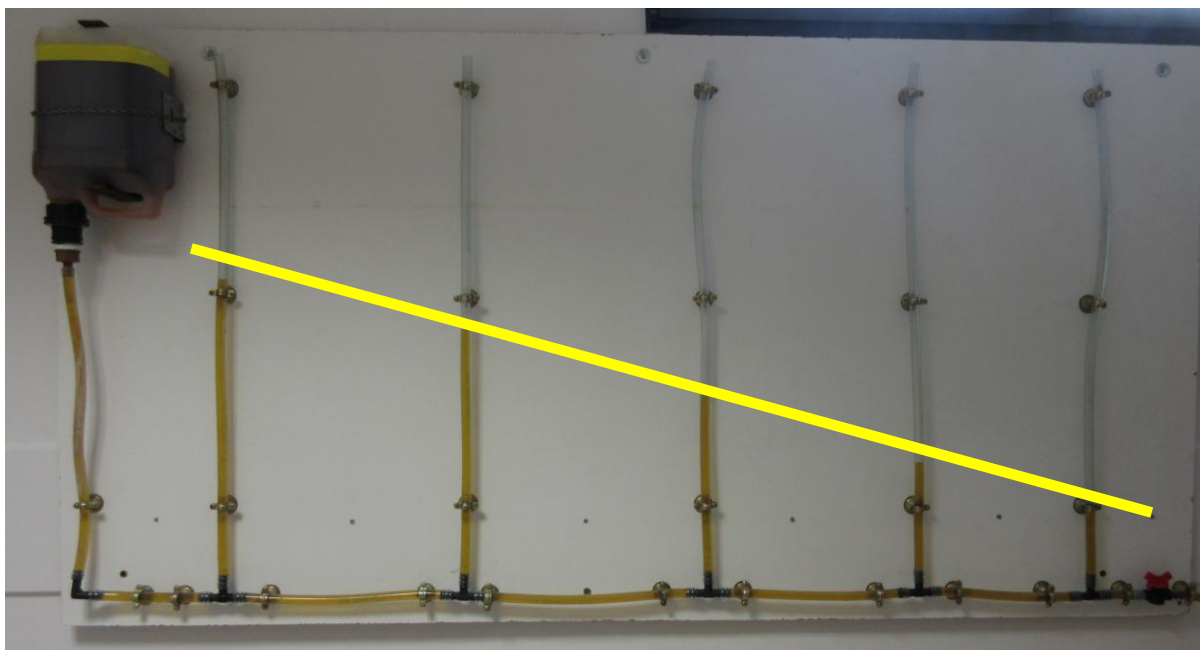
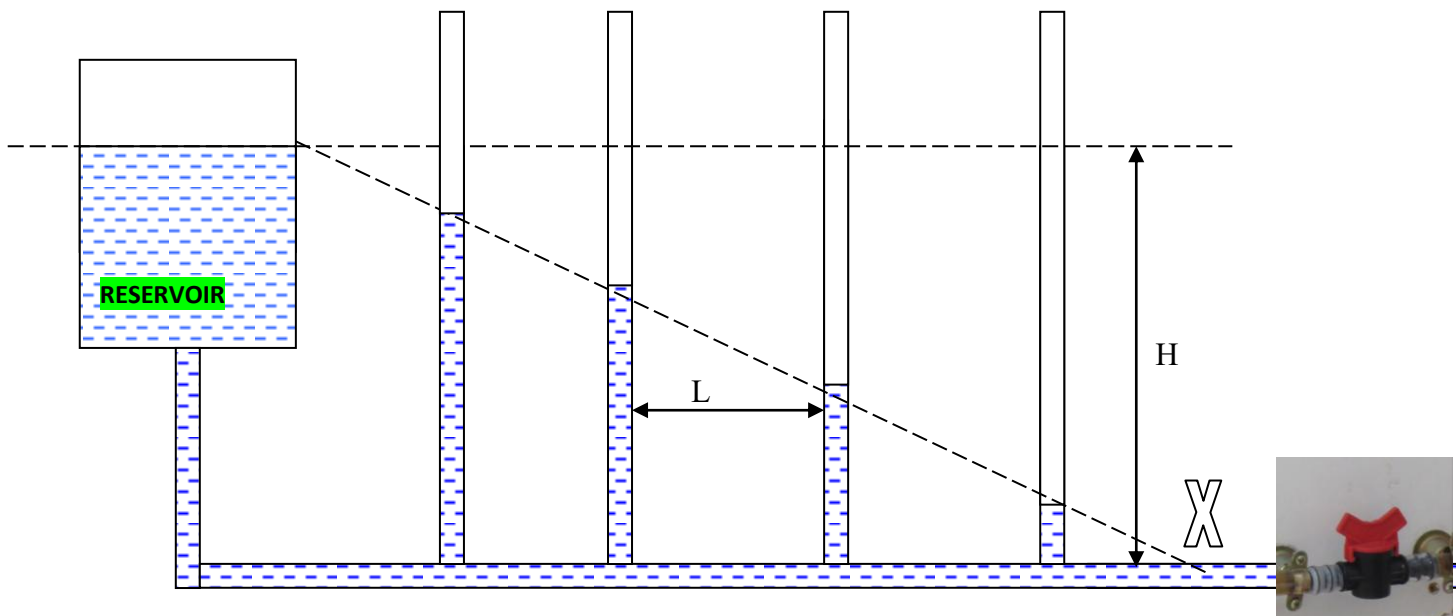
La vanne X étant fermée et la canalisation pleine d'eau, l'eau est au repos et le niveau de l'eau dans les tubes est le même que celui de l'eau dans le réservoir.



Ou :

Si des vases communicants contiennent un même liquide, les niveaux (ou surfaces libres) sont dans un même plan horizontal à condition qu'elles communiquent librement avec l'atmosphère ou qu'elles soient soumises à la même pression.

Pression résiduelle : pression dynamique (eau en mouvement par suite de l'ouverture de l'hydrant). Reprenons le même dispositif et ouvrons le robinet X :





ASSOCIATION DÉPARTEMENTALE-MÉTROPOLITAINE DES JEUNES SAPEURS-POMPIERS

Le robinet X est ouvert, l'eau se met en mouvement et l'on remarque que le niveau baisse dans chacun des tubes d'une quantité d'autant plus grande que la prise est plus éloignée du réservoir.

Cette chute de pression ou perte de charge, ne peut être provoquée que par les frottements et les mouvements divers de l'eau dans la conduite. La pression dynamique est donc inférieure à la pression statique.

C. UNITE UTILISEE :

Les sapeurs-pompiers utilisent comme unité de valeur des pertes de charge, le bar par hectomètre.

Conventionnellement, le symbole utilisé pour les pertes de charges est : **J**

D. DIFFERENTES CAUSES DES PERTES DE CHARGES :

Elles peuvent être divisées en trois catégories :

1. Les J linéaires dépendent :

- ↪ Viscosité du fluide : une eau chargée de limon provoquera plus de pertes de charges que l'eau traitée d'un réseau de distribution et cette dernière en provoquera plus que la solution moussante (mélange eau + émulseur) utilisée pour la production de mousse physique.
- ↪ Nature des parois : rugosité, forme.
- ↪ Diamètre des tuyaux : plus le tuyau sera petit et plus les pertes de charges dues aux frottements seront importantes.

2. Les J singulières :

Bien que **leur valeur soit négligeable** et qu'en règle générale ces facteurs ne soient pas pris en considération, nous pouvons également dire que :

- ↪ Les accidents provoqués par les accessoires hydrauliques, les pièces de jonctions, les lances,
- ↪ Les accidents divers provoqués par **les plis, les coudes**, les surcharges des tuyaux, changements de sections, les dérivations,

Provoquent des pertes de charges.



3. Les J gravitaires :

→ Prise en compte des différences de niveau entre plusieurs points d'un établissement.

Quand le terrain sur lequel reposent les établissements monte, il faut ajouter à la pression de refoulement 1 bar pour 10 m d'élévation. Cette pression est à fournir en plus par la pompe quand le terrain monte mais elle se retranche quand le terrain descend.

Quand les lances sont en étages ou sur une échelle, il faut ajouter 1 bar par 10 m de hauteur entre la lance et le sol. On admet 3 m de hauteur par étage.

Nous pouvons maintenant définir les lois des pertes de charge :

E. LOIS DES PERTES DE CHARGES :

Ces lois sont à connaître parfaitement afin de les limiter lors des établissements de tuyaux.

1. Elles sont proportionnelles à la longueur de l'établissement :

Cela revient à dire que plus l'établissement est long, plus les pertes de charges qui s'y accumulent sont importantes.

2. Elles sont inversement proportionnelles aux diamètres des tuyaux :

C'est-à-dire qu'à débit identique la perte de charge est d'autant plus petite que le diamètre du tuyau est grand et inversement :

Exemple : soit un débit de 500 l / min.

- ↳ Dans les tuyaux PIL de 70 mm les J seront de 0,55 b / hm
- ↳ Dans les tuyaux PIL de 110 mm les J seront de 0,07 b / hm

3. Elles sont proportionnelles au carré du débit :

Cela revient à dire que, pour un même établissement les J varient avec le carré de l'augmentation du débit.

Ainsi si le débit est multiplié (ou divisé) :

- ↳ Par 2 les J seront multipliées (ou divisées) par 4 (2 X 2),
- ↳ Par 1,5 les J seront multipliées (ou divisées) par 2,25 (1,5 x 1,5),

Exemple :

Dans les tuyaux de 45 mm, pour un débit de 600 l / min, les J seront de 8,64 bars par hectomètre soit 1,73 bars par tuyau de 20 m.



4. Elles sont fonction de la nature (rugosité) des tuyaux :

C'est-à-dire qu'elle sera d'autant plus grande que l'intérieur du tuyau sera moins lisse.

Nous avons des tuyaux à Paroi Interne Lisse (P.I.L.) et J sont connues :

Diamètre tuyaux en mm	Débit en litres / minute	J en bar
22 - Semi-rigide (LDT)	58	2,2
22 – souple P.I.L.	58	1,7
45 - P.I.L.	250	1,5
70 - P.I.L.	500	0,55
110 - P.I.L.	1 000	0,280
150 - P.I.L.	2 000	0,130

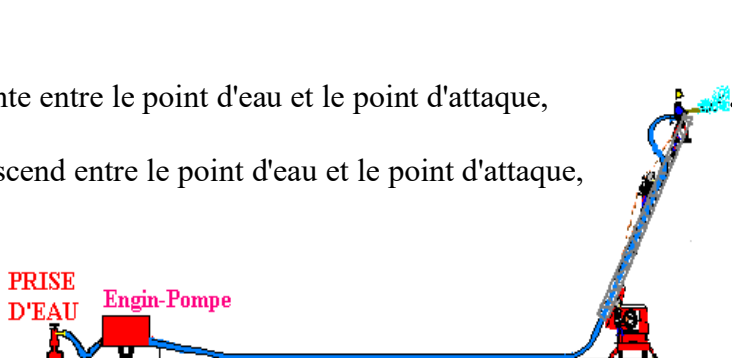
Colonne sèche :

Diamètre tuyaux en mm	Débit en litres / minute	J en bar
65	500	De 0,5 à 1,5
100	1 000	De 0,5 à 1,0

5. Elles sont fonction de la configuration du terrain :

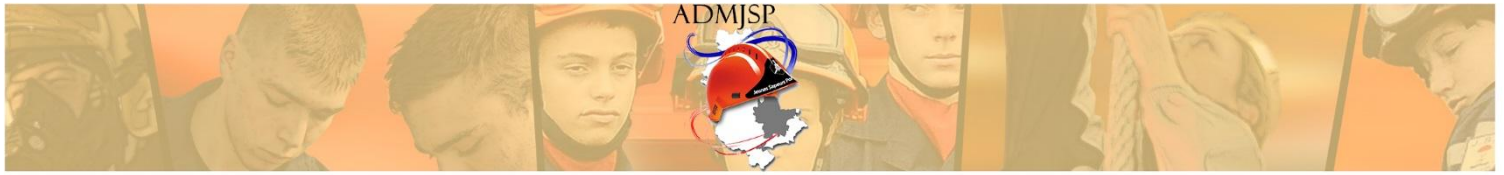
La dénivellation peut-être :

- ↪ Positive si l'établissement monte entre le point d'eau et le point d'attaque,
- ↪ Négative si l'établissement descend entre le point d'eau et le point d'attaque,



Il a été démontré que :

- ↪ Chaque fois que l'on aura à faire monter l'eau de 10 mètres, il faudra utiliser une pression supplémentaire de 1 bar qui s'ajoutera aux J dues aux frottements.
- ↪ Chaque fois que l'on aura à faire descendre l'eau de 10 mètres, nous aurons un gain de 1 bar qui viendra se soustraire aux J dues aux frottements



F. CONSEQUENCES PRATIQUES :

Afin de minimiser les pertes de charges et dans la mesure du possible nous adopterons en règles générales les dispositions suivantes :

- ↪ Utilisation des points d'eau les plus proches des points d'attaques afin de limiter les longueurs d'établissements.
- ↪ Dans les cas particuliers de transports de longue distance, employer les plus gros tuyaux aux départs des établissements et le plus longuement possible. Les petits tuyaux étant en principe réservés au point d'attaque.
- ↪ Limiter le nombre de tuyaux de 45 mm à 2 par lance, exceptionnellement 3.
- ↪ Eviter de dépasser le débit nominal prévu pour un tuyau donné.
- ↪ Eviter, autant que possible, les dénivellations positives importantes.

Rappels de certaines règles d'établissement des tuyaux vues en JSP 2 :

- ↪ Eviter toute perte de pression, aussi minime soit elle, **en faisant convenablement les réserves, très arrondies** et ne pas charger les tuyaux de matériaux pesants.
- ↪ Eviter les plis, les coudes brusques, les torsions surtout aux angles des murs ; afin de limiter les pertes de charges.
- ↪ Eviter les enchevêtrements,
- ↪ Faire une réserve en boucle au point d'attaque.
- ↪ Employer le moins de possible de tuyaux afin de limiter les pertes de charges dans des longueurs de tuyaux inutiles.



Rappel : Règle pour éviter de détériorer les tuyaux :

- ↪ Ne pas les laisser franchir par des véhicules sans avoir placé aux préalables des dispositifs de franchissements de tuyaux (D.F.T.) ;

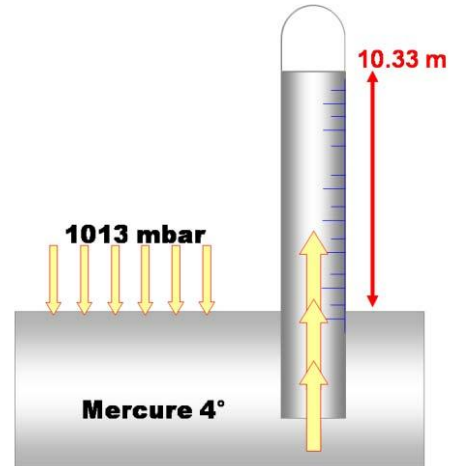


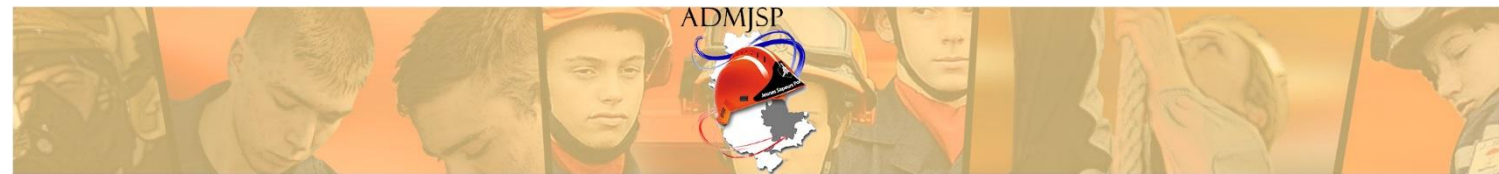


VI. LA PRESSION ATMOSPHERIQUE :

Il s'agit de la pression, uniformément répartie, exercée par l'air sur la surface des corps. Elle représente, au niveau de la mer, une hauteur de 10,33 mètres d'eau (*expérience de Torricelli*), soit 1,013 bar.

Conséquence opérationnelle : tout dispositif d'alimentation d'une pompe devra permettre d'avoir au moins un bar à la sortie de celui-ci.



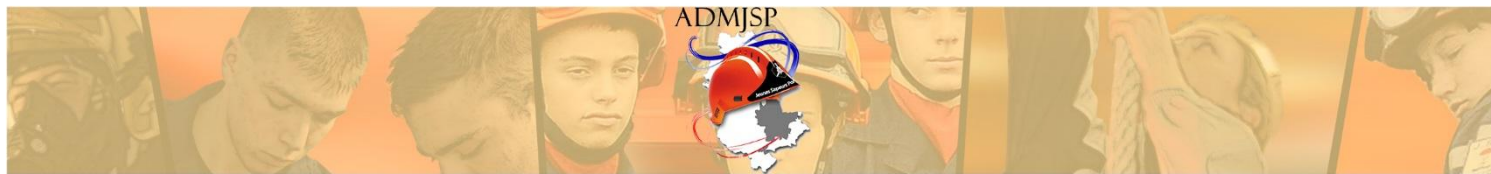


ANNEXES

Tableaux des pertes de charges

SDMIS SAPEURS-POMPIERS		Tableau d'aide au calcul des pressions de refoulement <i>Pression Refoulement = Pression à la lance + J tuyau Ø 45* + J tuyau Ø 70 + Dénivelé</i>					Dénivelé		
							Ajouter 1bar/10m		
Type de lance ou canon	Débit max à la lance	Pression à la lance	Perte de charges (J) par tuyau						
	40 L/min		Tuyau Ø45 20m*	Tuyau Ø70 20m	Tuyau Ø70 40m				
Lance du dévidoir tournant (LDT)	150 L/min		7 bars en refoulement						
			13 bars en refoulement						
LDV Feu à l'air libre	250 L/min	6	0,5	0	0				
	250 L/min*2	6	0,5	0,1	0,2				
LDV Feu en milieu clos	500 L/min	6	1,2	0,1	0,2				
	500 L/min*2	6	1,2*	0,5	0,9				
Lance mousse bas foisonnement	200 L/min	Ajuster la pression jusqu'à obtenir 200L /min							
Lance mousse moyen foisonnement	200 ou 400L/min	Ajuster la pression jusqu'à obtenir 200 ou 400 L/min selon modèle							
Lance écran DN65	1200 L/min	7	-	0,4	0,9				
Canon 2 entrées DN65 Type LMP80	3000 L/min	7	-	1	2				
Canon 1 entrée DN65 Type Orzzie	950 L/min	7	-	0,4	0,8				
	1420 L/min	10	-	0,9	1,8				
Canon 1 entrée DN65 Type Pocketmonitor	1000 L/min	6	-	0,4	0,9				
	1000 L/min 1500 L/min	(selon échelle)	-	0,4	0,9				
Canon échelle				1	2				

* Si 2 LDV : prendre en compte l'établissement de Ø45 le plus défavorisé



Exercices d'application

Pour les JSP qui souhaitent aller plus loin dans la compréhension des mises en évidence, des définitions incluses dans ce cours sur l'hydraulique.

DEBIT :

Le débit (en abrégé Q) s'exprime en mètre cube par heure (m³/h) ou litre par minute (l/min) ou mètre cube par seconde (m³/s).

Il dépend :

- ↪ De la section de la conduite ou de l'ajutage de la lance,
- ↪ De la vitesse de passage d'un liquide,

On a : débit = section (surface) x vitesse de passage

Les unités utilisées sont :

- ↪ Q ➔ débit exprimé en m³/s
- ↪ S ➔ section de l'orifice en m²
- ↪ V ➔ vitesse de l'eau en m/s

Nos tuyaux sont cylindriques, la section d'un cylindre vaut πr^2 . On aura donc pour un tuyau de rayon r :

$$\text{Débit} = \pi \times r^2 \times V$$

Exercice : On donne : tuyau de diamètre 65 mm, vitesse de l'eau 4 mètres par seconde. On veut le débit en m³ par heure.

On applique la formule Q = π r² V

On cherche le rayon : 65 mm ÷ 2 = 32,5 mm

Mais comme la réponse est demandée en m³, on converti la mesure en m

$$32,5 \text{ mm} = 0,0325 \text{ m}$$

On calcule la vitesse en mètre par heure puisque la réponse doit être exprimée en m³ par heure.

Dans une heure il y a 3 600 secondes donc : 4 m/s = 4 x 3 600 m/h.



Finalemment :

$$Q = 3,14 \times 0,0325 \text{ m} \times 0,0325 \text{ m} \times 4 \times 3\,600$$

$$Q = \underline{47,8 \text{ m}^3/\text{h}}$$

REACTION AUX LANCES :

L'expression de cette réaction à la lance est :

$$R = 2 \quad S \quad P$$

R (réaction)	est exprimé en Kg	(ou en newton).
S (section de l'ajutage)	est exprimé en cm ²	(ou en m ²).
P (pression de l'eau)	est exprimé en Kg / cm ² ou en b	(ou en Pascal).

Exercice : Quel est le recul d'une grosse lance ?

Caractéristique d'une grosse lance à main (ancienne lance utilisée par les SP avant l'apparition des LDV) :

Orifices 65/ 18, pression à l'ajutage 5,7 bars, débit 500 l/min.

SOLUTIONS :

Avec les unités légales :

Ajutage : diamètre 18 mm donc rayon 9 mm ou 0,009 m.

Soit la section (surface) de l'ajutage :

$$S = \pi r^2$$

$$S = 3,14 \times 0,009 \times 0,009$$

$$S = 0,000254 \text{ m}^2$$

$$\text{Pression à l'ajutage} = 5,7 \text{ bars} = 570\,000 \text{ Pascals}$$

$$\text{D'où le recul } R = 2 \times 570\,000 \times 0,000254$$

$$= \underline{289,56 \text{ Newton.}}$$



ASSOCIATION DÉPARTEMENTALE-MÉTROPOLITAINE DES JEUNES SAPEURS-POMPIERS

Avec les unités utilisées par les sapeurs-pompiers :

Ajutage diamètre 18 mm donc rayon 9 mm ou 0,9 cm

Soit la section S (surface) de l'ajutage :

$$S = \pi r^2$$

$$S = 3,14 \times 0,9 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm}$$

$$S = 2,5434 \text{ cm}^2 \text{ que l'on arrondit à } 2,54 \text{ cm}^2$$

$$\text{D'où le recul } R = 2 \times 5,7 \text{ b} \times 2,54 \text{ cm}^2$$

$$R = 28,956 \text{ kg}$$

Soit le poids d'un enfant de 10 ans (et non pas le poids de deux S.P.).

LA VITESSE DE L'EAU :

La vitesse est exprimée en m/s ou dm/s

Cette vitesse peut être déterminée par l'utilisation de la formule de calcul du débit :

$$Q = S \times V$$

$$\text{D'où } V = Q \div S$$

Attention aux unités utilisées :

Si unités en **m** ou **s** :

$$Q = \text{m}^3/\text{s} \quad S = \text{m}^2 \quad V = \text{m/s}$$

Si unités **l** ou **min** :

$$Q = \text{l/min} \quad S = \text{dm}^2 \quad V = \text{dm/min}$$

Par ailleurs, il est couramment utilisé, en application du Théorème de Torricelli, la formule plus rapide suivante :

$$V = \sqrt{2 g h}$$



ASSOCIATION DÉPARTEMENTALE-MÉTROPOLITAINE DES JEUNES SAPEURS-POMPIERS

Où V la vitesse s'exprime en m/s
 g l'accélération vaut $9,81 m/s^2$ (que l'on arrondit souvent à $10 m/s^2$).
et h représente la pression à l'orifice exprimée en mètre de colonne d'eau.

Pour cela on applique : $1 \text{ bar} = 10 \text{ mètres}$

Exemple : calculons la vitesse d'écoulement de l'eau à l'orifice d'une lance de 100×25 à 6 b , débitant $1\,000 \text{ l/min}$

Avec valeur $g = 9,81$:

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{2 \times g \times h} \\ &= \sqrt{2 \times 9,81 \times 60} \\ &= \sqrt{1177,20} \\ &= 34,31 \text{ m/s} \quad \text{soit } 34 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Avec valeur $g = 10$:

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{2 \times g \times h} \\ &= \sqrt{2 \times 10 \times 60} \\ &= \sqrt{1220} \\ &= 34,9 \text{ m/s} \quad \text{soit } 35 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Deuxième formule :

$$V = Q \div S$$

Je convertis les l/min en m^3/h

$$1\,000 \text{ l/min} \times 60 = 60\,000 \text{ l/h} \text{ ou } 60 \text{ m}^3/\text{h}$$

Puis en m^3/s

$$60 \text{ m}^3/\text{h} \div 3\,600 = 0,016666 \text{ ou } 0,0167 \text{ m}^3/\text{s}$$

Je calcule la section de la lance :

Le diamètre est de 25 mm donc le rayon r est de $25 \div 2 = 12,5 \text{ mm}$

Je convertis les mm en m :

$$12,5 \text{ mm} = 0,0125 \text{ m}$$



Section de la lance :

$$\begin{aligned} S &= 3,14 \times 0,0125 \times 0,0125 \\ S &= 0,000\ 490\ 625 \text{ soit } 0,000\ 49 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Donc : $V = 0,0\ 167 \div 0,000\ 49$

$$V = 34,08 \text{ m/s} \quad \text{soit } 34 \text{ m/s}$$

LOIS DES PERTES DE CHARGES :

Elles sont proportionnelles à la longueur de l'établissement :

Cela revient à dire que plus l'établissement est long, plus les pertes de charges qui s'y accumulent sont importantes.

Si pour un débit donné, les J ont une valeur de Y b / hm pour une longueur L, les J de l'établissement auront pour valeur totale :

$$L \quad \times \quad Y \text{ b / hm}$$

Exemple : dans un tuyau de 70 mm les J sont de 0.55 b

Si l'établissement fait 120 mètres soit 1,20 hm les J seront dans cet établissement de /

$$0,55 \times 1,20 = 0,66 \text{ b}$$

Elles sont proportionnelles au carré du débit :

Cela revient à dire que, pour un même établissement les J varient avec le carré de l'augmentation du débit.

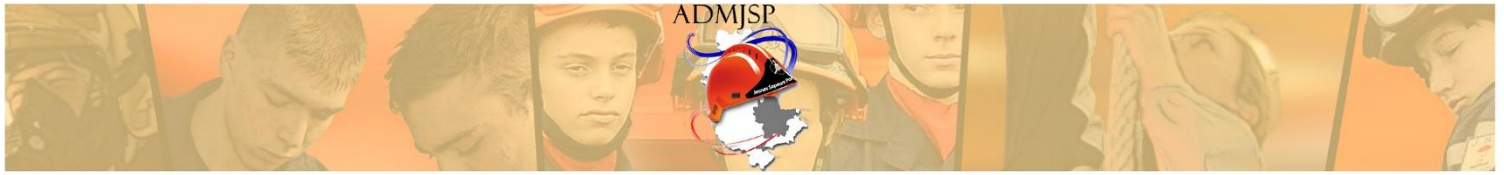
Ainsi si le débit est multiplié (ou divisé) :

↪ Par 2 les J seront multipliées (ou divisées) par 4 (2 X 2)

↪ Par 1,5 les J seront multipliées (ou divisées) par 2,25 (1,5 x 1,5)

Mise en évidence :

C'est-à-dire que pour un même diamètre de tuyau, plus le débit est grand plus les pertes de charge sont grandes :



$$\frac{J_1}{J_2} = \left[\frac{Q_1}{Q_2} \right]^2$$

En développant la formule :

$$\begin{array}{ccc} J_1 & \swarrow & Q_1^2 \\ & \times & \\ J_2 & \searrow & Q_2^2 \end{array}$$

Ou $J_1 \times Q_2^2 = J_2 \times Q_1^2$

Soit $\frac{J_1 \times Q_2^2}{Q_1^2} = J_2$

Exemple :

Dans les tuyaux de 45 mm les J sont de :

- ↷ Pour un débit de 250 l / min sont de 1,500 bars
- ↷ Pour un débit de 500 l / min seront de ?

Soit :

$$\begin{array}{lcl} J_1 & = & 1,5 \text{ bars} \\ Q_1 & = & 250 \text{ l / min} \\ J_2 & = & ? \\ Q_2 & = & 500 \text{ l / min} \end{array}$$

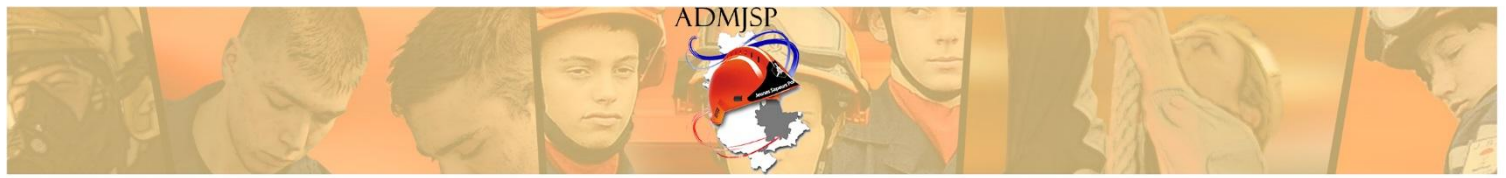
Appliquons la formule :

$$J_2 = \frac{1,5 \times 500^2}{250^2}$$

$$J_2 = \frac{1,5 \times 250\,000}{62\,500}$$

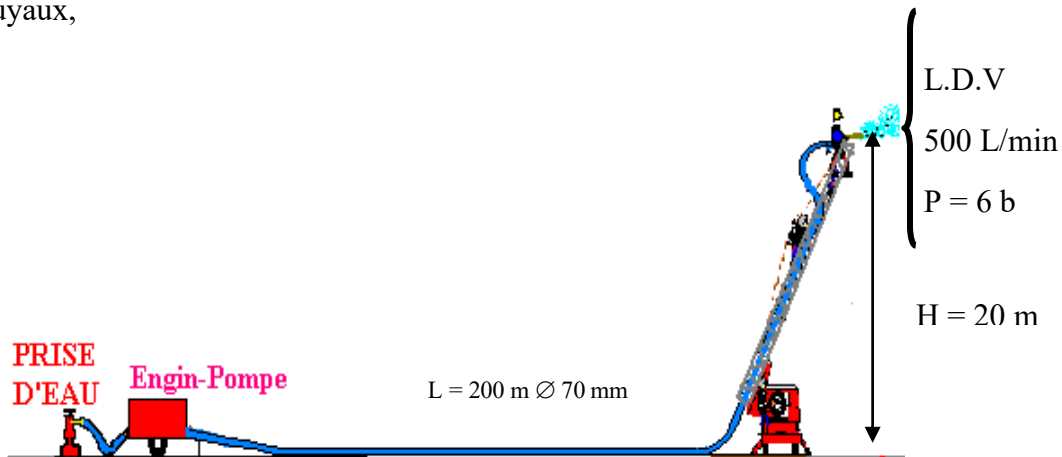
$$J_2 = \frac{375\,000}{62\,500}$$

$$J_2 = 6 \text{ bars}$$



Méthodologie de résolution d'un problème d'hydraulique :

- ↪ Lire l'énoncé plusieurs fois si nécessaire,
- ↪ Faire un schéma simple qui regroupe les données techniques de cet énoncé ; c'est 80 % de la compréhension de l'exercice.
- ↪ Renseigner le schéma avec les données chiffrées,
- ↪ Convertir les longueurs (exprimées en m ou mm ou etc.) en hectomètres,
- ↪ Repérer sur le schéma le diamètre (ou par des lettres) des différents établissements de tuyaux,



Introduire tous vos calculs par une phrase simple :

Exemples :

- ↪ Surface de la base en m^2 ,
- ↪ Je convertis en décalitres,
- ↪ Volume de la citerne remplie à 80 %,
- ↪ On sait qu'un hl est égal à 10 dal donc,

Calculer la pression nécessaire à l'engin en tenant compte :

- ↪ De la pression à la lance,
- ↪ Des pertes de charges dans les différents diamètres de tuyaux, sans oublier de rajouter les débits avant une division le cas échéant.
- ↪ Des Z^+ ou Z^- ,
- ↪ De la lance la plus défavorisée (celle qui nécessite le plus de pression).