

GROUPEMENT FORMATION

TRONC COMMUN

Hydraulique niveau 2

CENTRE DE FORMATION DÉPARTEMENTAL DES SAPEURS-POMPIERS DES BOUCHES-DU-RHÔNE
La Bastide neuve 13880 Velaux

TABLE DES MATIERES

Table des matières	3
Avant-propos.....	4
Lois régissant les pertes de charge	5
Tableau des pertes de charges	6
Convention de schéma	6
Résoudre un problème d'hydraulique	7
Généralités	7
Etape 1 : Lecture de l'énoncé.....	7
Etape 2 : Réalisation du schéma du dispositif	7
Etape 3 : Calcul des pertes de charges par segment	9
Etape 4 : Calcul de la pression de refoulement nécessaire PN.....	10
Etape 5 : Calcul de la pression disponible et vérification	11
La mousse	13
Notions.....	13
Rappel.....	14
Tableau d'aide aux pertes de charges linéiques et singulières.....	15
Abaque maximal d'un PEI sous pression	16
Abaque de débit aux lances suite à l'exploitation du coefficient :	17
Calcul de la capacité restante d'un point d'eau en litre/mn	18
Possibilité hydraulique d'un PEI sous pression :	18
Abaque de pertes de charges hectométriques :	18
HISTORIQUE DES MODIFICATIONS	19
NOTES PERSONNELLES	20

AVANT-PROPOS

Les notions présentées dans ce document sont très théoriques, et ne prennent pas en compte tous les paramètres, comme par exemple la résistance exacte offerte par les pièces de jonction, la vétusté des pompes, etc.

De fait, ces données ne sont pas « scientifiquement exactes », mais sont admises comme « proches de la réalité ».

Elles correspondent aux contraintes auxquelles doivent faire face les chefs d'agrès incendie sur le terrain.

LOIS REGISSANT LES PERTES DE CHARGE

Les pertes de charges sont les pertes de pression causées par le frottement des molécules de l'eau contre les parois des tuyaux et des pièces de jonctions.

Les pertes de charge sont liées aux principes suivants :

- Elles sont directement proportionnelles à la longueur de l'établissement ;
- Elles sont directement proportionnelles au carré du débit ;
- Elles sont inversement proportionnelles au diamètre du tuyau ;
- Elles sont indépendantes de la pression, seul le débit compte ;
- Elles varient en fonction de la rugosité du tuyau ;
- Elles varient de 1 bar tous les 10 m en fonction du dénivelé, si pente positive +1 bar par 10 m, si pente négative -1 bar par 10 m ;

On considère :

Q1 : débit nominal.

J1 : pertes de charge nominales pour 100 m.

Q2 : nouveau débit demandé.

J2 : nouvelles pertes de charge pour 100 m.

Z+ / Z- : En fonction du dénivelé, pente positive (Z+), pente négative (Z-)

On admet par exemple :

Division mixte à 500 l/min : - 0,4 b.

Lance Canon à 2000 l/min : - 0,6 b.

Injecteur proportionneur : - 32 % de la pression.

Sur le terrain : on peut rajouter 1 bar à la pression de refoulement si on veut considérer l'ensemble des pièces sur un établissement non « complexe », par exemple celui pouvant être mis en œuvre par le FPT.

TABEAU DES PERTES DE CHARGES

Le tableau ci-dessous indique les pertes de charge hectométriques pour chaque type de lance établie.

Dans tous les cas où l'on utilise des LDV, attention au débit, cela entraîne obligatoirement une modification des pertes de charge. Il faudra appliquer le carré du débit ont la formule a été rappelée précédemment.

Lances	P	Q		Tuyaux	J/hm
		l/min	m ³ /h		
20/7	3,5b	58	3,6	23 ou 25 mm	1,7b
LDV 40	6b	250	15	45mm	1,5b
LDV 40	6b	500	30	45mm	6b
LDV 65	6b	1000	60	70mm	2,2b

CONVENTION DE SCHEMA

La légende présentée ci-dessous n'est qu'indicative. Il s'agit de celle la plus utilisée, mais il n'existe pas réellement de légende réglementaire. Le plus important dans la rédaction d'un devoir d'hydraulique étant la propreté de la présentation, sa clarté, et la présence d'une légende.



Tuyau de Ø 110 mm



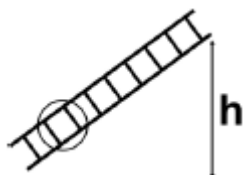
Tuyau de Ø 70 mm



Tuyau de Ø 45 mm



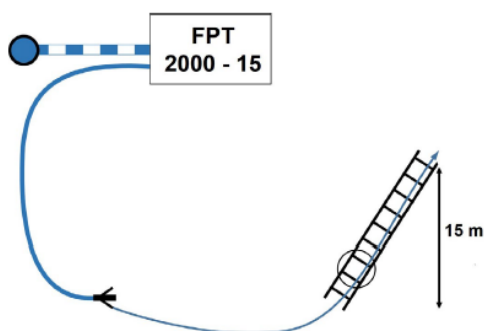
PEI - division



Echelle et hauteur d'établissement (dénivelée)

FPT
2000 - 15

Représentation d'un indice de pompe d'un engin pompe



Exemple de fond de schéma

RESOUDRE UN PROBLEME D'HYDRAULIQUE

GENERALITES

La résolution d'un problème d'hydraulique passe par une méthodologie rigoureuse. C'est à cette seule condition qu'un problème pourra être facilement résolu.

Observons les étapes au travers d'un problème simple.

1ère étape : lecture et extraction des données.

2ème étape : réalisation du schéma.

3ème étape : calcul des pertes de charge par segment.

4ème étape : calcul de la pression de refoulement nécessaire.

5ème étape : calcul de la pression disponible et vérification.

ETAPE 1 : LECTURE DE L'ENONCE

Procédons à la résolution d'un problème :

Un FPTL doté d'une pompe 1500/15 doit alimenter :

1 LDV 40 mid-force à 0,6 m³/h en étage à 10 m de hauteur, et 1 LDV 40 mid-force à 0,6 m³/h de plain-pied.

La LDV en étage est établie réglementairement avec 2 tuyaux sur une division mixte établie à 200 m de l'engin.

La LDV de plain-pied est établie réglementairement avec 3 tuyaux et alimentée par la même division mixte.

Le FPTL est alimenté sur un PI présentant une pression dynamique de 3 b.

Après lecture et analyse :

LDV n°1 : 600 l/min et 0,4 hm de tuyaux, hauteur 10 m.

LDV n°2 : 600 l/min et 0,6 hm de tuyaux.

Division à 2 hm.

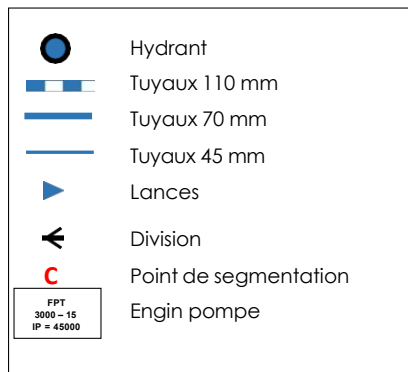
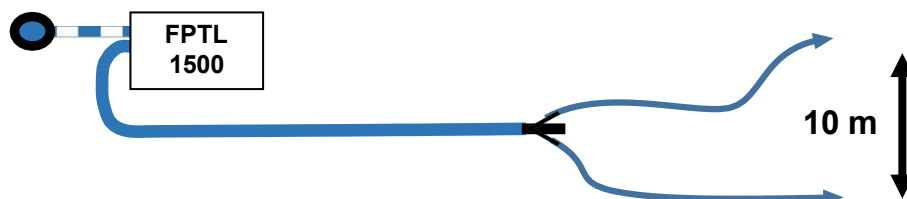
ETAPE 2 : REALISATION DU SCHEMA DU DISPOSITIF

Le rédacteur prendra soin de tout noter de façon claire et lisible, avec un schéma de bonne taille, sans surcharge inutile.

Quels que soient les pictogrammes choisis, ils devront apparaître dans une légende, afin que le correcteur soit certain de ce qu'a voulu écrire l'auteur.

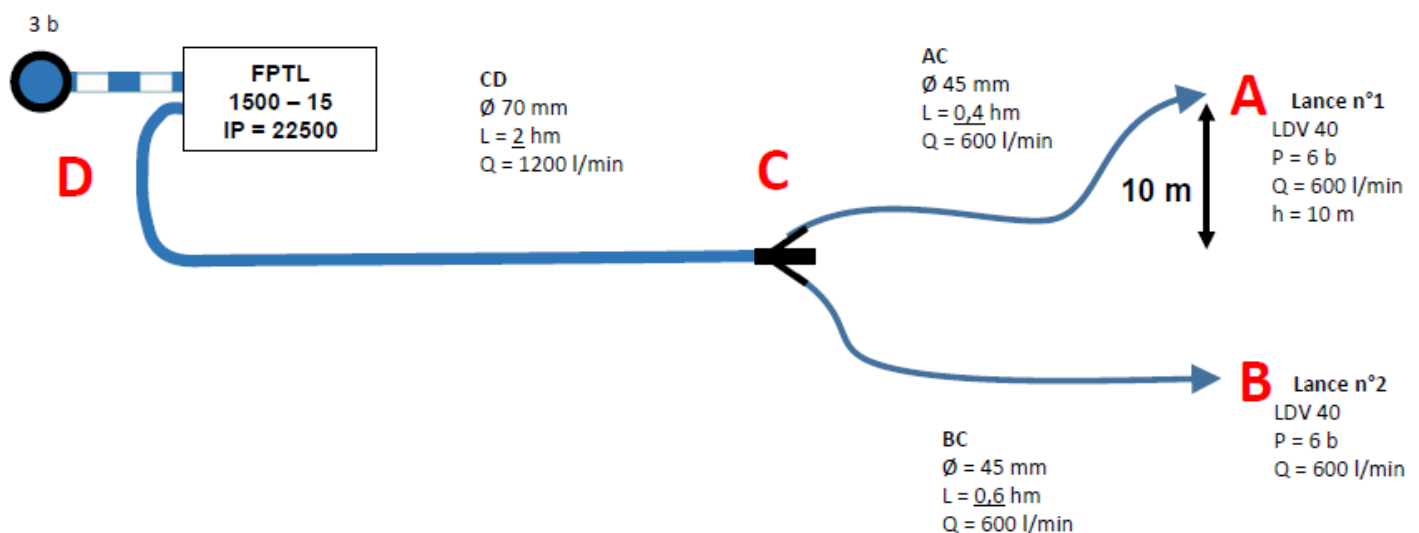
Enfin, il est important de ramener les longueurs d'établissement à des longueurs conformes aux longueurs de tuyaux réglementaires (20 m, 40 m).

Objectif : Disposer les éléments avec clarté maximale sans en oublier.



Par souci de clarté, nous ne ferons pas apparaître la légende dans les figures suivantes.

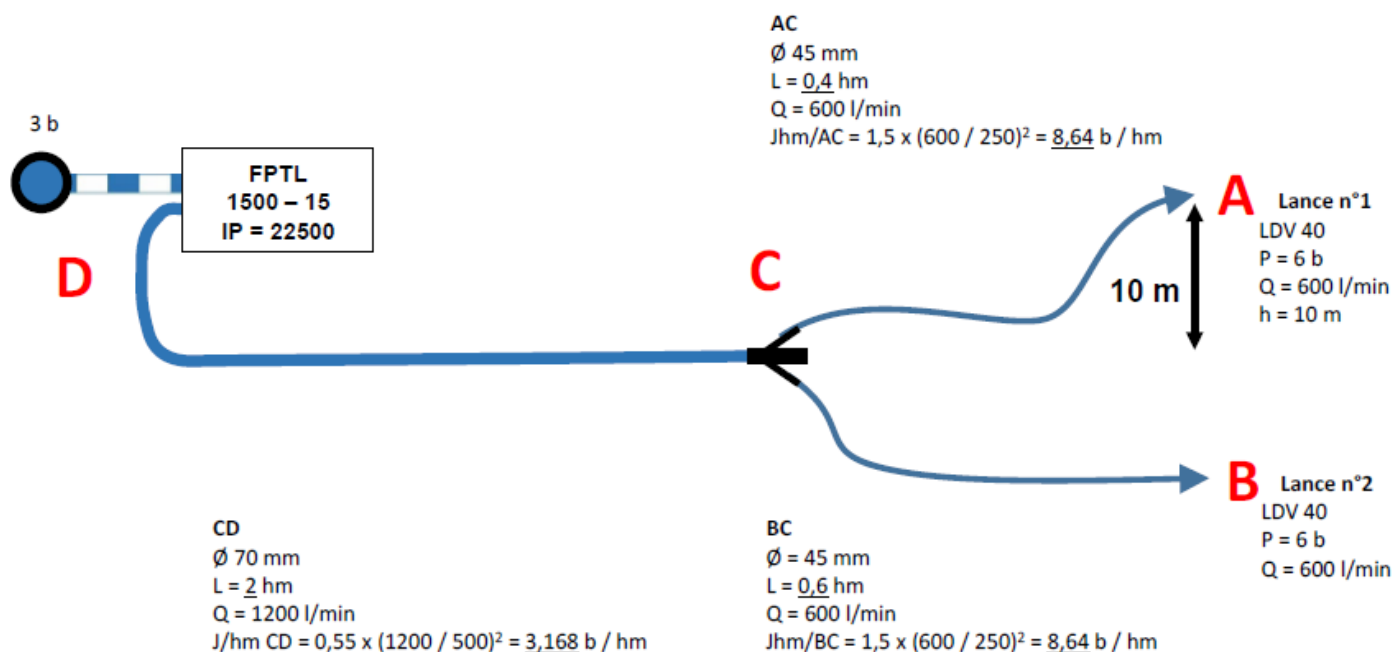
Objectif : Mettre en évidence toutes les données importantes sans en oublier.



Partir des lances permet de ne pas se tromper sur les débits qui transitent dans chaque segment, jusqu'au point d'eau.

Mais aucune obligation : la segmentation peut tout aussi bien être réalisée à partir de la pompe.

Objectif : comparer les pertes de charges hectométriques initiales avec les débits indiqués pour voir si elles concordent ou s'il faut les recalculer.



ETAPE 3 : CALCUL DES PERTES DE CHARGES PAR SEGMENT

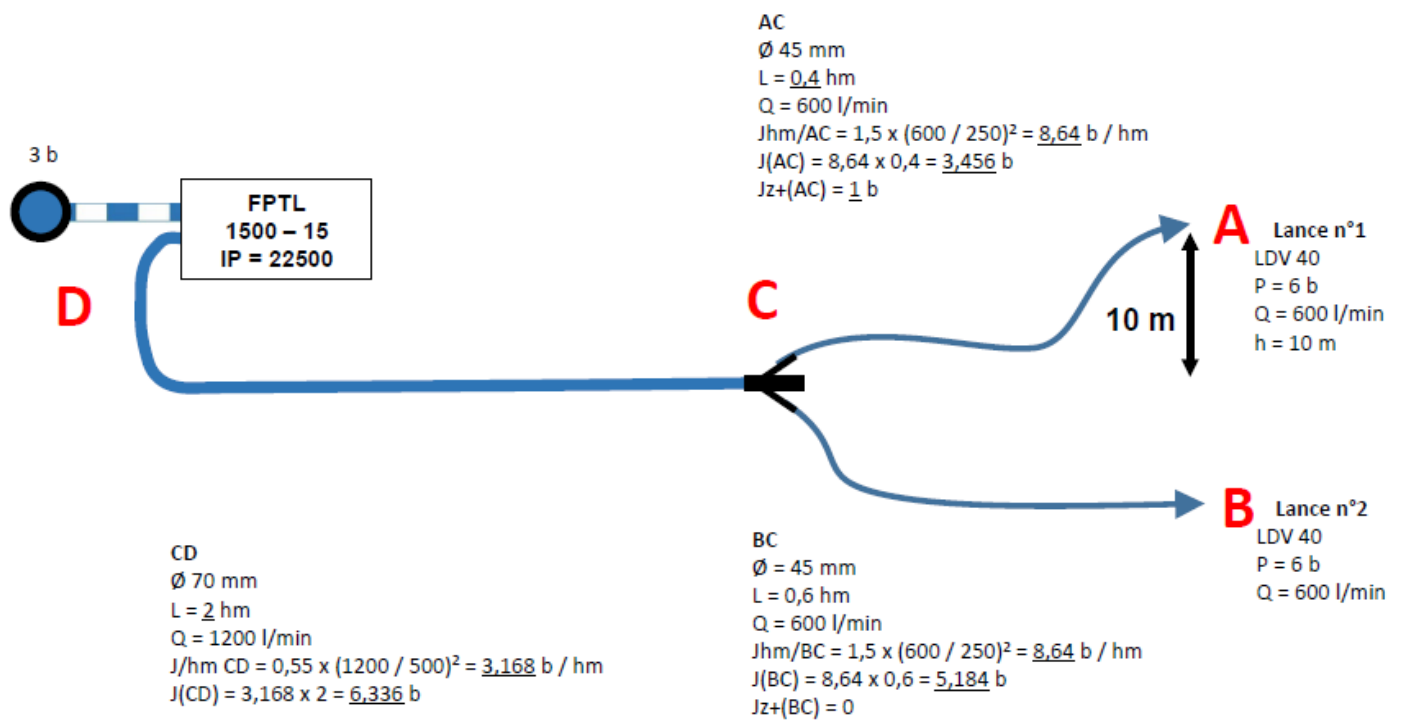
La clarté du schéma va jouer un rôle prépondérant dans cette étape : s'il est suffisamment clair, la segmentation sera « évidente », et les données qui concernent chaque segment seront lisibles.

De fait, il ne sera pas possible d'oublier une partie, et plus facile de repérer la lance la plus défavorisée.

Débuter la segmentation depuis la ou les lances permet d'additionner les débits sans erreur dans un segment donné au fur et à mesure qu'on progresse vers la pompe.

Objectif : calculer les pertes de charge dues à la longueur et celles dues à la dénivellée, pour chaque segment, en faisant apparaître au correcteur votre raisonnement.

Application :



ETAPE 4 : CALCUL DE LA PRESSION DE REFOULEMENT NECESSAIRE PN

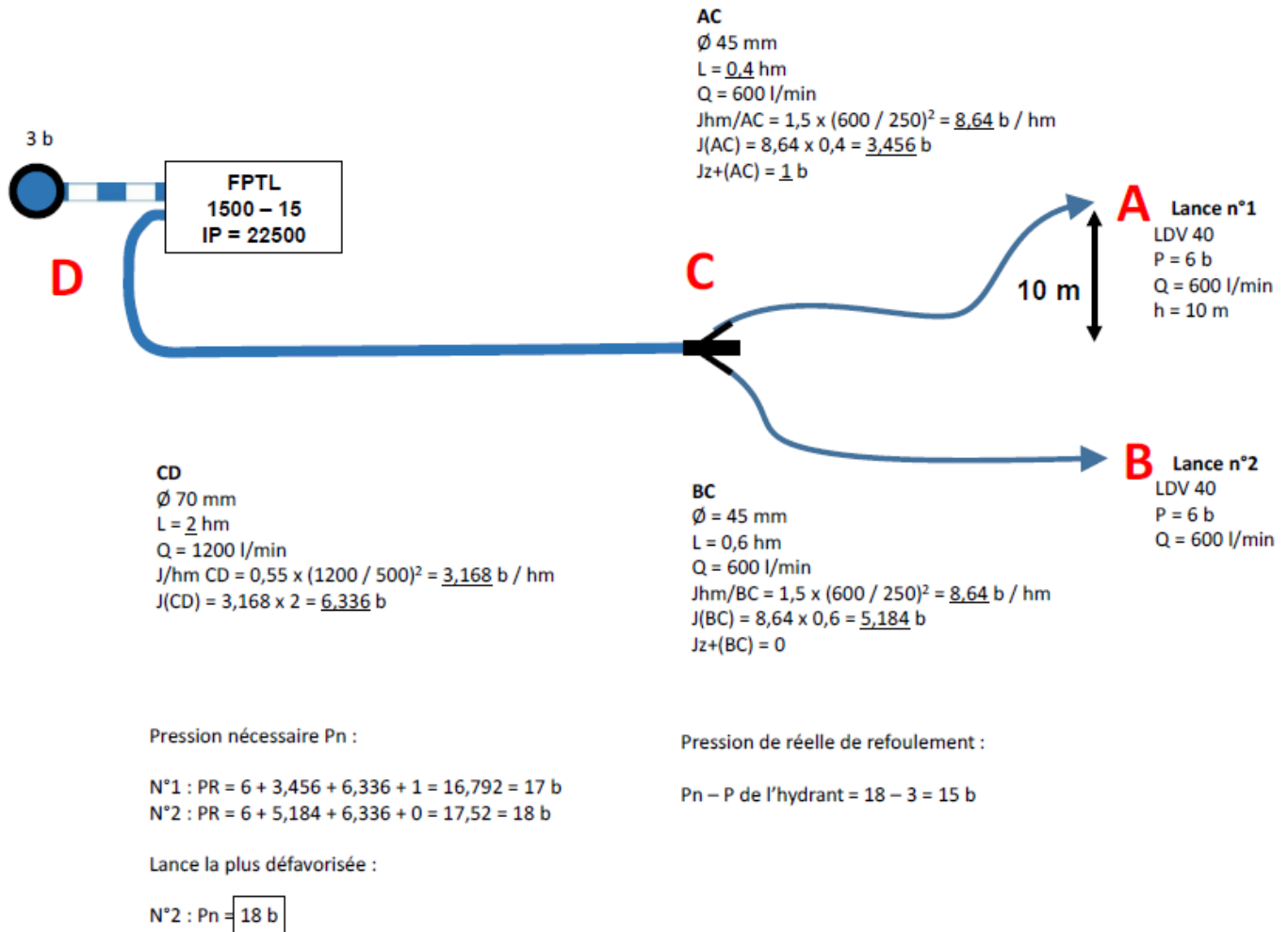
L'objectif final !!!

C'est ce que nous voulons trouver. Mais il faut déterminer d'abord quelle est la lance la plus défavorisée.

Ensuite, nous pourrions prendre en compte tous les segments qui alimentent cette lance, pour calculer la pression nécessaire à la pompe.

Objectif : indiquer au conducteur de la pompe la pression à fournir

Application :



Ceci passe par le calcul de la pression nécessaire à chaque lance : seule la pression nécessaire à la lance la plus défavorisée sera retenue. Encadrez le résultat final.

Dans le cas présent, la pression de l'hydrant est prise en compte dans l'effort de la pompe et la pression réelle qu'elle doit fournir.

ETAPE 5 : CALCUL DE LA PRESSION DISPONIBLE ET VERIFICATION

Le verdict !!!

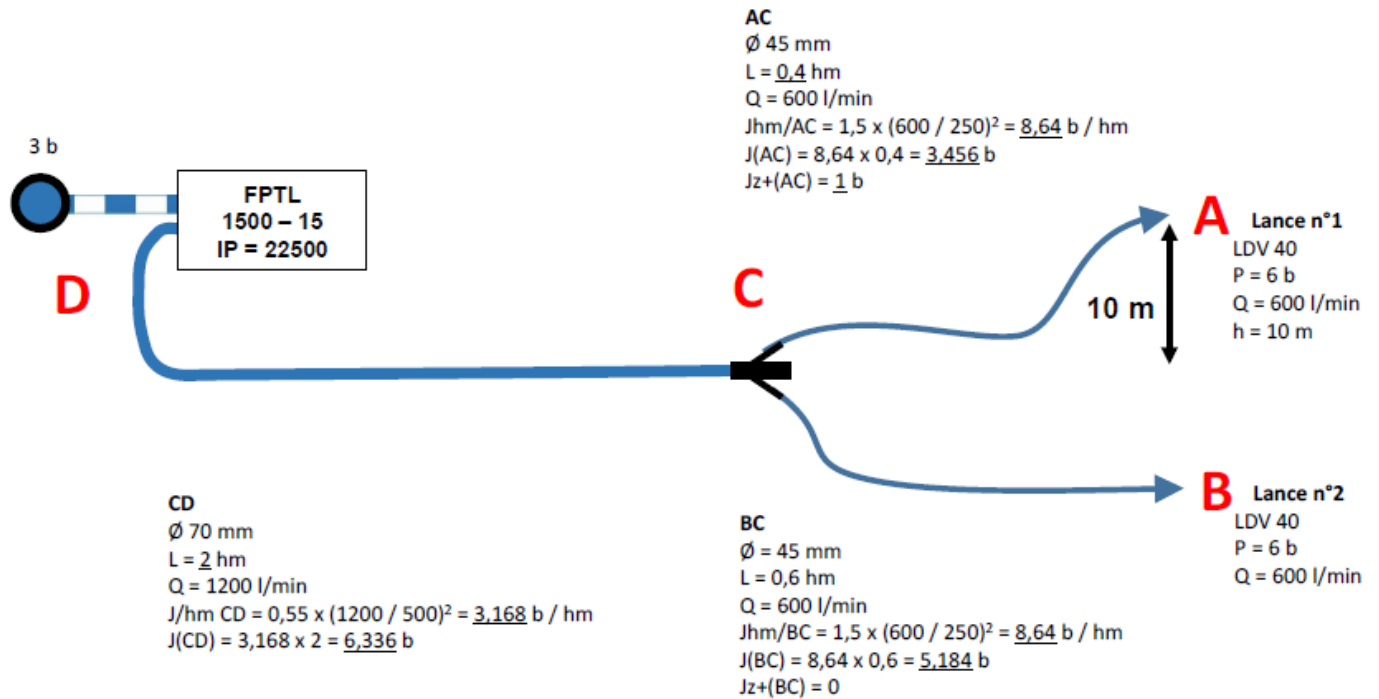
Nous avons calculé notre pression nécessaire, mais, notre pompe est-elle capable de la fournir au débit demandé ?

C'est ce que nous devons vérifier.

Si la pression disponible est supérieure ou égale à la pression nécessaire, le dispositif est suffisant. Dans le cas contraire, nous aurons recours au relais.

Objectif : s'assurer que la pompe à disposition est suffisante. Prendre en compte la pression de l'hydrant pour calculer la pression réelle donnée par l'engin.

Application :



Pression nécessaire P_n :

N°1 : $PR = 6 + 3,456 + 6,336 + 1 = 16,792 = 17$ b
 N°2 : $PR = 6 + 5,184 + 6,336 + 0 = 17,52 = 18$ b

Lance la plus défavorisée :

N°2 : $P_n = 18$ b

Pression de réelle de refoulement :

$P_n - P$ de l'hydrant = $18 - 3 = 15$ b

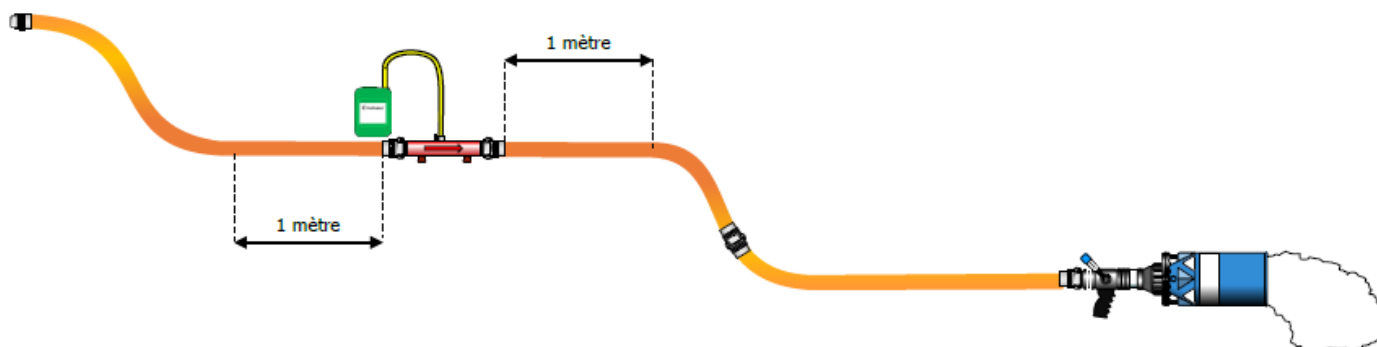
Pression disponible P_d :

$P_d = IP / Q = 22500 / 1200 = 18,75$ b > 18 b

LA MOUSSE

NOTIONS

S'il est primordial de respecter la pression d'utilisation de 10 b à l'injecteur mobile actuellement en service (POK Mixy eductor 200 l/min) il est tout aussi important de respecter les données constructeurs indiquant de respecter un alignement du tuyau dans l'axe de l'appareil selon le schéma suivant :



Ceci pour éviter d'aggraver la perte de charge singulière de l'appareil qui se monte à 35% pour ce modèle en créant des plis en amont et en aval.

Ces plis pourraient également entraver le bon fonctionnement de l'appareil par des perturbations du flux d'eau : le rendement du cône de Venturi pourrait être diminué.

De la même façon, les indications concernant la limitation à 3 tuyaux après l'injecteur sont à respecter, en raison des pertes de charge singulières de celui-ci (35% pour notre modèle, soit 3,5 b en moins à sa sortie).

Dans le cas contraire, la lance ne serait plus correctement alimentée, son travail ne serait plus optimal et la mousse n'aurait pas les meilleures qualités.

Une LDV ne pouvant de toute façon être établie avec plus de 3 tuyaux, il ne reste alors que 2 possibilités :

- 2 tuyaux avant et 1 après l'injecteur.
- 1 tuyau avant et 2 après l'injecteur.

Dans le cas des pompes équipées de dispositifs à dosage automatique, il n'y a aucune limite entre système et lance à mousse. Celle-ci sera traitée comme une lance à eau.

RAPPEL

La pression atmosphérique est la pression exercée par l'air sur la surface des corps.

La pression statique est la pression de l'eau dans les conduites et les établissements lorsque toutes les lances sont fermées.

La pression dynamique est la pression de l'eau dans les conduites et les établissements lorsque l'eau est en mouvement.

Au vu des capacités hydrauliques de chaque engin-pompe, le conducteur est le conseiller technique du chef d'agrès. À ce titre, pour réaliser un calcul optimal des pertes de charges, il doit être informé des éléments suivants :

- Du débit aux lances et de la longueur de l'établissement ;
- Du dénivelé ou de la présence d'une colonne sèche ;
- Du nombre de pièces de jonctions et intermédiaires.

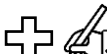
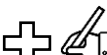
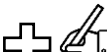
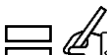
Pour des raisons de pertes de charges, on limitera les établissements dans la mesure du possible, à trois tuyaux de Ø45/20 m après la prise d'eau. Afin de sécuriser les intervenants sur feu de structure, le binôme doit pouvoir bénéficier de 500 l/min, cette valeur doit être le débit de référence pour les conducteurs.

Lorsqu'il y a plusieurs établissements, le conducteur doit prendre en compte la lance la plus défavorisée. Toutefois, si une lance est établie sur un moyen élévateur aérien, il devra veiller à ne pas dépasser la pression de référence de celle-ci, car une surpression peut endommager la structure extensible.



Pour faciliter la tâche du conducteur, un tableau d'aide aux pertes de charges linéiques et singulières est à sa disposition.

TABEAU D'AIDE AUX PERTES DE CHARGES LINEIQUES ET SINGULIERES

Tuyaux :			
Ø25/20 m	58 l/min	0.3 bars	
	150 l/min	2.2 bars	
Ø45/20 m	500 l/min	1.2 bars	
Ø70/20 m	500 l/min	0.1 bar	
	1000 l/min	0.4 bar	
	2000 l/min	1.8 bars	
Ø110/20 m	1000 l/min	0.1 bar	
	2000 l/min	0.2 bar	
Pièces de jonctions et intermédiaires :			
+ 1 bar pour l'ensemble des pièces			
Dénivelés et colonnes sèches :			
Positif / + 1 bar / 10 m			
Négatif / - 1 bar / 10 m			
Matériels :			
LDV	6 bars		
Queue de paon			
Lance canon			
Injecteur proportionneur	10 bars		
Pression de refoulement :			
			

ABaque MAXIMAL D'UN PEI SOUS PRESSION

		Pression statique du PEI sous pression en bar																	
		2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
Pression dynamique du PEI sous pression en bar	1	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2													
	1.5	2	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2									
	2			1.7	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2					
	2.5			2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	3				2.6	2	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	3.5					2.8	2.1	1.8	1.7	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2
	4						3	2.2	2	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3
	4.5							3.2	2.4	2	1.8	1.7	1.7	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3
	5								3.3	2.4	2.1	1.9	1.9	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4
	5.5									3.5	2.5	2.2	2.2	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4
	6										3.6	2.6	2.6	2	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5
	6.5											3.7	2.7	2.3	2.1	1.9	1.7	1.7	1.6
	7												3.9	2.8	2.4	2.1	1.9	1.8	1.7
	7.5													4	2.9	2.4	2.2	2	1.9
	8														4.1	3	2.5	2.2	2
	8.5															4.2	3.1	2.6	2.3
	9																4.4	3.2	2.6

ABaque de débit aux lances suite à l'exploitation du coefficient :

		Débit aux lances et débit restant du PEI sous pression en l/min									
		150	250	300	350	500	600	750	1000	1500	2000
Coefficient de la pression statique et dynamique du PEI sous pression	1.2	30	50	60	70	100	120	150	200	300	400
	1.3	45	75	90	105	150	180	225	300	450	600
	1.4	60	100	120	140	200	240	300	400	600	800
	1.5	75	125	150	175	250	300	375	500	750	1000
	1.6	90	150	180	210	300	360	450	600	900	1200
	1.7	105	175	210	245	350	420	525	700	1050	1400
	1.8	120	200	240	280	400	480	600	800	1200	1600
	1.9	135	225	270	315	450	540	675	900	1350	1800
	2	150	250	300	350	500	600	750	1000	1500	2000
	2.1	165	275	330	385	550	660	825	1100	1650	2200
	2.2	180	300	360	420	600	720	900	1200	1800	2400
	2.3	195	325	390	455	650	780	975	1300	1950	2600
	2.4	210	350	420	490	700	840	1050	1400	2100	2800
	2.5	225	375	450	525	750	900	1125	1500	2250	3000
	2.6	240	400	480	560	800	960	1200	1600	2400	3200
	2.7	255	425	510	595	850	1020	1275	1700	2550	3400
	2.8	270	450	540	630	900	1080	1350	1800	2700	3600
	2.9	285	475	570	665	950	1140	1425	1900	2850	3800
	3	300	500	600	700	1000	1200	1500	2000	3000	4000
	3.1	315	525	630	735	1050	1260	1575	2100	3150	4200
	3.2	330	550	660	770	1100	1320	1650	2200	3300	4400
	3.3	345	575	690	805	1150	1380	1725	2300	3450	4600
	3.4	360	600	720	840	1200	1440	1800	2400	3600	4800
	3.5	375	625	750	875	1250	1500	1875	2500	3750	5000
	3.6	390	650	780	910	1300	1560	1950	2600	3900	5200
	3.7	405	675	810	945	1350	1620	2025	2700	4050	5400
	3.8	420	700	840	980	1400	1680	2100	2800	4200	5600
	3.9	435	725	870	1015	1450	1740	2175	2900	4350	5800
	4	450	750	900	1050	1500	1800	2250	3000	4500	6000
	4.1	465	775	930	1085	1550	1860	2325	3100	4650	6200
	4.2	480	800	960	1120	1600	1920	2400	3200	4800	6400
	4.3	495	825	990	1155	1650	1980	2475	3300	4950	6600
	4.4	510	850	1020	1190	1700	2040	2550	3400	5100	6800

CALCUL DE LA CAPACITE RESTANTE D'UN POINT D'EAU EN LITRE/MN

1- Calculer le débit maximum de la pompe :

Noter **la pression statique** du point d'eau à l'ouverture de ce dernier quand l'engin est alimenté.
 Noter **la pression dynamique** du point à l'ouverture de la vanne qui alimente la ou les lances établies
 Au moyen du tableau, croiser les deux données et retenir le coefficient.
 Multiplier le coefficient par le débit des lances = **Débit maximum de la pompe**

Exemple :

Pression statique = 6 bars

Pressions dynamique = 3,5 bars

Coefficient = 1,5

1 LDV à 500lt/mn x 1,5 = 750 lt/mn. (Débit maxi de la pompe)

2- Connaître le débit restant du point d'eau :

Débit restant = débit maxi de la pompe – débit des lances établies

750lt/mn – (500lt/mn) = **250lt/mn de disponible.**

POSSIBILITE HYDRAULIQUE D'UN PEI SOUS PRESSION :

Conduite	Orifices		Débit nominal
Ø150 mm	PI : Ø65 / 2 × 100 mm	BI : 2 × 100 mm	120 m³/h - 2000 l/min
Ø100 mm	PI : Ø100 / 2 × 65 mm	BI : 1 × 100 mm	60 m³/h - 1000 l/min
Ø80 mm	PI : Ø65 / 2 × 40 mm	BI : 1 × 65 mm	30 m³/h - 500 l/min

ABaque DE PERTES DE CHARGES HECTOMETRIQUES :

Tuyaux	Débit l/min	Pression en bar (arrondi)				
		20 m	40 m	60 m	80 m	100 m
Ø25 mm	58	0.3	0.6	0.9	1.2	1.7
	150	2.2	4.4	6.6	8.8	11
Ø45 mm	250	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
	500	1.2	2.4	3.6	4.8	6
Ø70 mm	500	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
	1000	0.4	0.8	1.2	1.6	2.2
	2000	1.8	3.6	5.4	7.2	9
Ø100 mm	1000	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
	2000	0.2	0.4	0.6	0.8	1

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Dans cette rubrique, vous retrouverez l'ensemble des modifications apportées dans le document. En cas de modification, merci de numéroté la nouvelle version entraînée par la modification, la page de la modification ainsi que la nature de la modification (nouvelle réglementation de X, procédure obsolète...)

DATE	VERSION	PAGES	NATURE DE LA MODIFICATION
18 octobre 2024	Version N° 1	20	Modification de la charte graphique Allègement du contenu

NOTES PERSONNELLES

SERVICE DÉPARTEMENTAL D'INCENDIE ET DE SECOURS DES BOUCHES-DU-RHÔNE

1 Avenue de Boisbaudran 13015 Marseille

04.91.28.47.47

Document réalisé et imprimé par le groupement Formation des sapeurs-pompiers des Bouches-du-Rhône Service Ingénierie pédagogique – Bureau Conception

En application de la loi du 11 mars 1957 et du code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992, toute reproduction partielle ou totale à usage collectif de la présente publication est strictement interdite sans autorisation expresse de ©SDIS 13

Reproduction interdite par quelque procédé que ce soit (impression, photographie, photocopie, scanner, etc.).