débit = vitesse ×section droite
surface cercle = π × r2
circonférence cercle C = π × D

Section des tuyaux

exemple pour un diamètre 200 mm :
section de passage: 314 cm2
nombre de fentes : 18
sur 1/3 circonférence: 21 cm par fente
largeur de chaque fente: 1 cm
21 cm2 par fente × 18: 378 cm2 = suffisant pour que l'air passe d'un tuyau de 20cm de diamètre dans un tunnel de 60x80 à 70x90 cm
section du tunnel: 60cms *80cms
surface: 4800 cm2
Le taux de vide entre galets est de 10% de cette section à la louche soit 480cm2 (0.048m2)
Débit d'air: entre 1m et 1.5m/sec environ par tunnel (172 m3/h à 260m3/h)
On adapte le nombre de tunnels: en gros un tunnel par 20 à 25m2 de surface habitable
pour 100m2 habitables: 5 tunnels soit 850 à 1000m3/h par bon ensoleillement en hiver ce qui correspond au débit d'un capteur à air de 15 à 20 m2 ..
perte de charge pour un ensemble de 5 tunnels de 5ml chacun réunis EN PARALLELE = environ 180 à 220pa
donc ventilateur de 800m3/h sous 180pa = 200 à 240 W en cas d'ensoleillement pour récupérer les 8KW des 20m2 de capteurs orientés plein SUD ...
0,24Kwh pour 8 Kwh récupérés ...rendement 60% (du stockage ou de la diffusion dans la maison)

il faut que l'air sorte le plus vite possible du tube pour parcourir complètement les galets jusqu'au tuyau opposé

Un déphasage de 6 mois nécessiterai un volume de 200 m3 de matériaux. (entrée d'air à température « naturelle », sans chauffage solaire)
- Un déphase quotidien (restitution de la température nocturne durant le journée, et vis et versa) ne nécessite qu'un m3 de matériaux pour 100m3/h d'air pulsé
- Les formules théoriques ont été validés par les expérimentations.
- Les meilleurs résultats ont été apporté par le système 'tube pcv rempliq d'eau', taux d'échange de l'ordre de 80%

Le tunnel peut être soit couché , soit debout , soit carré ...
ex: 0.60 large sur 0.60 hauteur avec un tube fendu dans l'axe du tunnel

0.90 large , 0.50haut: le tube peut être horizontal ,
indifféremment dans l'axe ou perpendiculaire au tunnel : ce qui compte est le nombre de fentes distribuant l'air, en contact avec les galets

0.50 large , 0.80haut : le tube peut être soit horizontal (et il faut un coude) soit vertical (et on économise un coude ...)

<u>la seule règle à respecter :</u>
surface de passage de l'air dans les fentes supérieure à la surface de la section du tube..d'environ 20 à 50% ..

respecter une section de tunnel avec des galets de 30/70 (minimum 0.4 à 0.5m2)
0.7x0.7=0.49m2
0.6*0.8 =0.48m2
0.5*0.9 = 0.45m2
0.45*1.00 ou 0.4* 1.20 = 0.48m2

ne jamais dépasser 5ml sur un tunnel car les pertes de charge en rapide augmentation
associer les tunnels en PARALLELE , jamais en série « comme en électronique »
pour 4 tunnels en parallèle , la perte de charge oscille entre 18 et 24 mm H2O (soit 180à 240 Pa),

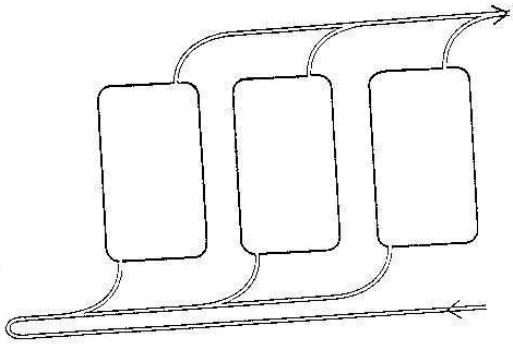
les débits maximum à assurer en cas de fort ensoleillement - donc en plein été ou en mi-saison - entre 150 et 180m3/h par tunnel

en parallèle tous les débits s 'ajoutent alors que la pression reste presque constante : soit 600 à 720m3/h ou plus pour un "4 tunnels"et 900/1100 m3/h pour un "6 tunnels". Le tunnel de base étant un 4ml x 0.60x 0.75 cm.

Un ou deux ventilateurs associés dans un seul caisson de répartition pourra assurer ce débit
l'un des deux pourra être un modèle de 300/600m3/h et le second - au repos la nuit - pourra être enclenché pour assurer le débit maximal

entre les deux cas extrêmes , un variateur, asservi à deux thermostats (1 par ventilateur), permettra de faire varier dans d'autres plages de débit = ciel nuageux .ciel voilé ...

Boucle de tickelmann



Permet une répartition égale des fluides

Sections

Réseau de stockage: diamètre 200
sorties des tunnels:
au RDC: piquages vers des tubes 125 à 160 pour faire passer l'air vers les bouches de soufflage situées au ras du sol du RDC

Pour l'étage: Une gaine D200 part du caisson (du compartiment "direct") pour alimenter en air chaud le plenum de redistribution d'air vers les pièces de l'étage .

Pour la construction d'un tunnel: des tuyaux de diamètre 140 suffisent car le débit sera faible 120 m3/h environ (prendre du CR16 au lieu du CR8 (plus cher))
pour une petite chambre de 12 à 15m2 , un D100 suffit ; pour une grande chambre de 30m2 un D125 à 140 et pour le séjour un D160 à 180 ..voire D200 si c'est un grand séjour , à la rigueur deux bouches et deux gaines D140 pour ce même séjour

Matériaux

il y a autre chose que le PVC bi-orienté ou qualité "adduction d'eau", qualité alimentaire CR8 (matériau pourtant facile à mettre en oeuvre)

-PVC adduction-pression qualité alimentaire
-tubes PP polypropylène annelé léger Ambidur ou Ecopal (difficulté au niveau raccords (joints souples et trous à percer)
-tuyaux de grés vitrifié (voir www.euroceramic.fr) possible et souhaitable pour le réseau de diffusion
-PEHD Simona)
-tubes PEHD tubox-easy PE100 (diam dispo(ext)110,160.180.200)

- réseau aéraulique: gaine hekatherm
- -tout ce qui est "collecteurs à fentes " est en PVC (cela aurait pu être du PP de chez FB ou P*M) à cause de la rigidité nécessaire pour résister à la pression des galets

le PVC compact "CR8" émet moins de COV que le PVC souple des gaines VMC (PVC + phtalates) , de plus , en position "enterrée" , ces tubes ne surchauffent pas avec l'air à 50°C (cas du stockage inter-saisonnier entre Juillet et Septembre) et il y a pratiquement pas d'émission de COV..(AMHA)

autre solution:
PVC CR8 en D160 pour les tubes à fentes.

PVC CR8 en D200 pour le plenum de distribution du réseau de stockage
Grès vitrifié pour le plenum de distribution du réseau direct (j'aurais pu le faire aussi pour le réseau de stockage, mais c'est pas donné, et à force de galérer, on devient moins puriste...).

Tubes en terre cuite pour la distribution d'air du réseau direct vers les bouches de soufflage

la vraie difficulté est au niveau des fentes laissant passer l'air vers les galets:
en PVC , cela se réalise facilement , avec une disqueuse à lame épaisse de 10mm ,
en grès , pas disponible ni faisable , utiliser des bouts de PEHD ou PVC en complément , avec fentes et bouchon .
en PEHD ou PP: il existe des drains à fentes PEHD SIMONA , largeur des fentes 12mm

Isolation conduits

Pas nécessairement obligatoire du moment où ce réseau passe dans l'ambiance à chauffer

oui , si ce réseau passe par exemple dans des combles non isolés , un garage , une buanderie non chauffée ..

la seule gaine à bien isoler est la gaine entre le capteur et le stockage car l'air y passe, en été, à des températures parfois élevées (en inox ou alu double peau).
l'air sortant des galets (26~30°C à la fin de l'été) ou l'air venant du capteur (30~45°C en hiver) dispensent d'isoler les gaines du réseau d'insufflation (calculés en général pour tenir jusqu'à 60°C~75°C) au delà , gaines alu avec ou sans isolation phonique/thermique .

Liaison capteurs – boitier répartition

Les gaines en PVC ne résistent pas aux hautes températures du capteur à air , il faut donc les remplacer par un conduit ALuCoustic ou AluPhonic en alu doublé de laine de roche , à défaut ,des conduits Poujoulat galva-alu (pour gaz brûlés)

A ces températures proches de 60~80°C , le PVC va se ramollir et surtout va se dilater exagérément (7mm par mètre pour 100°C d'écart) ; de plus ,ainsi porté à plus haute température , il vieillit et largue des COV ..

Le PVC n'est à utiliser qu'en enterré , de sorte que le béton ou la terre modèrent l'élévation de température de la gaine noyée
Si on utilise des conduits inox et/ou galvanisé en enterré entre les capteurs et la répartition, il vaut mieux noyer le conduit dans du béton fibré pour éviter la corrosion par la terre (ph plus corrosif); rajouter un isolant rigide type liège par dessus pour éviter d'avoir trop chaud l'été

sortie galets directement dans les pièces ou renvoi sur plenum distribution ?
Directement:
- tout sous la dalle (invisible)
- plus de raccords
- l'air de la cheminé va se refroidir sous la dalle avant pièce
- idem pour puits canadien (PC) qui va se réchauffer en fin été

plenum:
- moins de raccords
- l'envoi dans les pièces après plenum peut se faire avec différentes gaines
- pas de pertes conduit cheminée
- idem PC qui va directement dans pièces
- possibilité de mettre un bon filtre entre le retour air et le caisson

voir le PVC qualité alimentaire (adduction d'eau) plus propre que le PVC "assainissement ou écoulement eaux pluviales.." qui d'ailleurs a été utilisé pendants des années pour ces tunnels à galets jusqu'à ce que l'on parle des "COV" après le caisson , pensez à utiliser du PVC **bi-orienté** qualité adduction d'eau (parois plus épaisses et compactes) en classe CR16 , résistant bien au compactage .. ce type de PVC (couleur blanche avec bandes bleues) est traité pour être plus résistant aux agressions chimiques et est très lisse intérieur

Attention à ne pas les écraser et à respecter une pente 2% de façon à ramener les éventuels condensats vers le bas du plenum dans lequel sera disposé un siphon . (autrement dit , les gaines montent en partant du plenum jusqu'aux bouches)
On peut utiliser des gaines TPC rouge extérieure et intérieures (ne peuvent pas être enterrée a plus d'un mètre distribution sous la dalle vers les bouches de soufflage à partir du plenum de répartition)