Chantier de rénovation

Réseau d'eau chaude sanitaire : pavillon individuel
Entreprise Pascal CHAPALAIN 29 Plouigneau
Réalisé avec des tubes multicouches pré-isolés avec 10mm de silice amorphe : 2inToob DN16x10 et DN20x10

Résumé :

En France aujourd'hui, le bilan énergétique moyen des réseaux d'eau chaude est catastrophique:

- Plus de 50% de la chaleur produite pour l'ECS et le chauffage est perdue par fuites thermiques dans les réseaux de tuyauterie, et
- En moyenne ce sont 3 litres d'eau potable qui sont perdus à chaque utilisation de l'ECS pour « attendre » l'eau chaude, que nous n'utilisons que si elle est au-dessus de 35°C, l'effet de seuil.

Afin de diminuer les conséquences de cet effet de seuil, il faut que l'E.C.S. soit maintenue le plus longtemps possible au-dessus de cette température après chaque utilisation, pour ainsi éviter que l'utilisateur suivant soit obligé de vider le réseau pour avoir de l'eau chaude à bonne température : > 35°C.

Donc pour une utilisation moyenne de 1 litre d'E.C.S à 50°C, mitigée à 35°C au robinet, il faut en moyenne produire 3 litres supplémentaire d'ECS uniquement pour que l'ECS atteigne 35°C au robinet. Soit 3+1=4 litres à produire, soit seulement 25% de l'E.C.S. produite qui est réellement utilisée, ou 75% de gaspillée !!

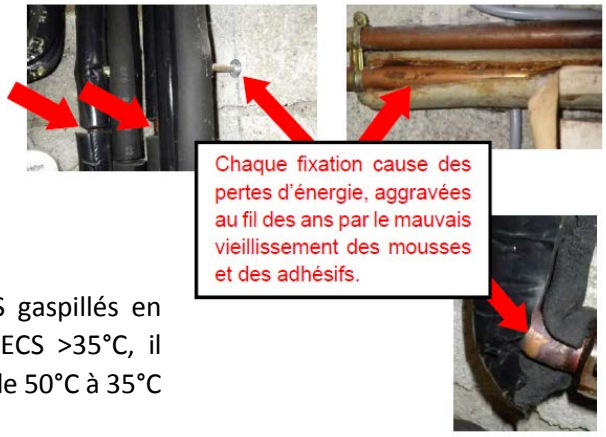
Si nous pouvions diviser par 2 ou 3 le volume moyen d'eau perdue pour attendre l'ECS à la bonne température, cela permettrait des économies substantielles en eau potable et en énergie consommée : de 30 à 50%.

A cette fin, les buts à atteindre sont de réduire les volumes d'eau dormante dans les réseaux, et d'améliorer l'isolation des réseaux pour allonger le temps de refroidissement de l'ECS statique dans les réseaux, et ainsi réduire la fréquence de vidange des réseaux nécessaire pour attendre l'E.C.S. > 35°C.

Mais il y a d'autres contraintes à ne pas négliger, car :

- Il ne faut pas que l'isolation ajoute des risques en cas d'incendie, il faut utiliser des isolants ignifuges,
- Il ne faut pas que l'isolation ajoutée soit une source de solvants chimiques venant polluer l'air de l'habitat, les bulles des mousses en polymères sont gorgées de solvants en tout genre, et ces polymères continuent à polymériser tout au long de leur vie, provoquant des émanations lentes de solvants,
- Il faut que l'isolation élimine les ponts thermiques aux points de fixation et aux traversées de murs et de sols, car ces ponts thermiques sont la source d'approx 1/3 des fuites thermiques, une isolation continue est donc indispensable,
- Il faut que la solution d'isolation soit pérenne pour plusieurs décennies, car on ne refait pas un réseau tous les ans, ni même tous les 10 ans, les producteurs d'isolation et les poseurs doivent s'engager sur 20 à 30 ans pour répondre aux attentes de clients, et aux contraintes réelles de la construction ; et
- Il faut que l'isolation soit la plus performante possible pour que le temps de refroidissement soit le plus long possible, et ainsi réduire le nombre des phases de soutirage pour « attendre l'ECS > 35°C ».

D'une façon générale, il semble que les mousses polymères ne puissent répondre à tous ces critères simultanément, du fait de leur composition, ou de leur système de fixation par adhésif, ou de leur vieillissement. Les solutions avec tubes pré-isolés en continu, avec des isolants inertes semblent donc à privilégier.



Et pour avoir une influence sensible sur les 3 litres d'ECS gaspillés en moyenne, donc sur la fréquence des phases d'attente d'ECS >35°C, il faudrait idéalement atteindre un temps de refroidissement de 50°C à 35°C de 2 heures, dans un air à 20°C.

Le chantier test :

- réalisé par l'entreprise Pascal Chapalain de Plouigneau 29
- réfection du réseau d'ECS en cuivre dans un pavillon individuel de 1982,
- le réseau cuivre a été refait avec des tubes multicouches pré-isolés avec 10mm de silice morphe 2inToob.

La réfection du réseau a permis :

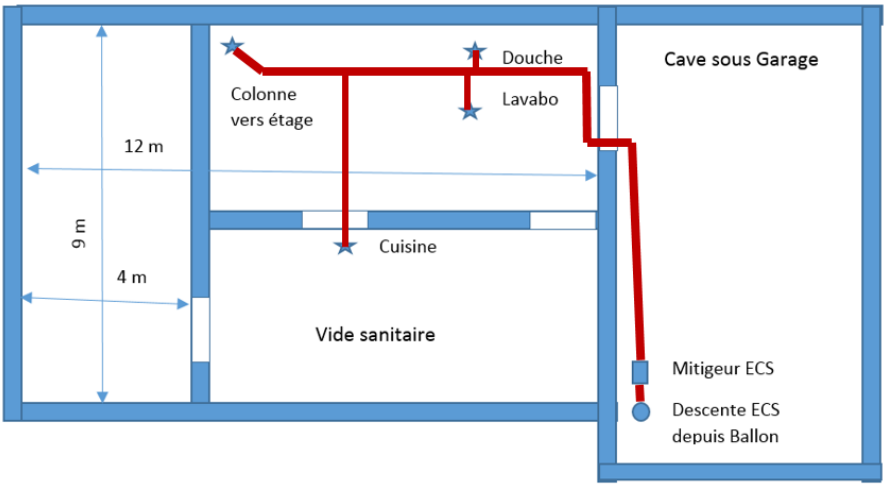
1. en adaptant les sections des tuyauteries, de réduire le volume d'eau contenu dans les tuyaux de 0,7 litre, entrainant une économie d'eau perdue pour « attendre l'eau chaude », à chaque utilisation de l'E.C.S. dans tout le pavillon, lors des phases d'attente d'ECS > 35°C,
2. de diviser par deux le volume d'E.C.S. nécessaire pour atteindre les 35°C d'E.C.S. au robinet de la cuisine, du fait de l'utilisation de tubes multicouches qui ont une inertie thermique nettement inférieure à celle du cuivre, et de la disparition des ponts thermiques à chaque point de fixation,

et surtout

3. grâce à l'isolation de haute performance de 10mm de silice amorphe (λ= 0,015W/mK), le temps entre utilisateur d'E.C.S., sans avoir à vider le réseau d'E.C.S. de son eau « froide », a été quadruplé. Soit un temps de refroidissement de 50°C à 35°C qui a été augmenté de 15 à 60 minutes, période pendant laquelle il ne sera plus nécessaire « d'attendre l'eau chaude » au robinet de la cuisine.

Pour la rénovation d'un réseau d'ECS, l'entreprise Chapalain est intervenue en Avril 2015 dans ce pavillon d'une zone résidentielle de Morlaix 29600.
Ce pavillon a été construit sur cave et vide sanitaire il y a 33 ans, avec les réseaux d'ECS et de chauffage en vide sanitaire, avant les remontées vers les points de soutirage.

<u>Disposition du réseau d'ECS avant travaux</u> :



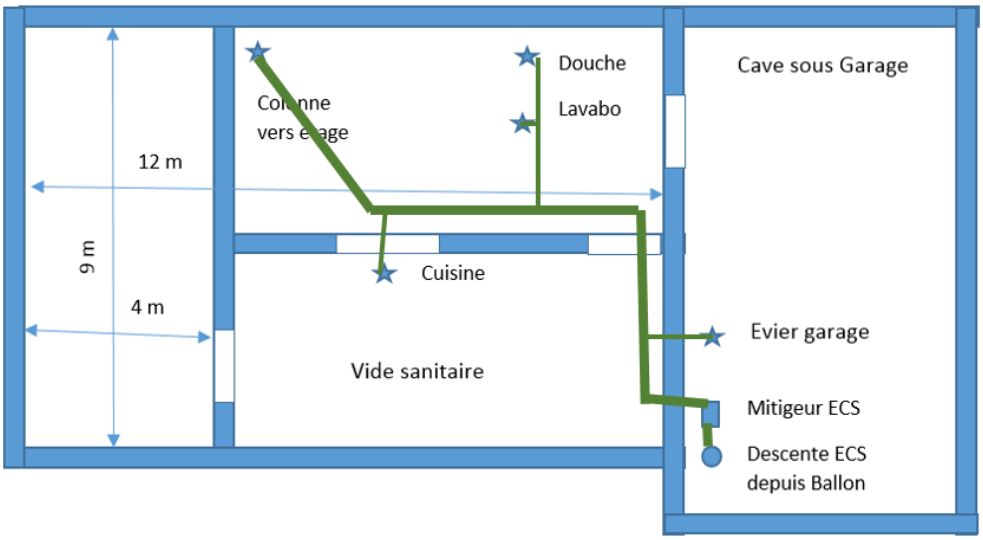
Mesures avant travaux :

Afin de pouvoir quantifier l'intérêt de la rénovation du réseau d'ECS, nous avons mesuré à 3 reprises, à plus d'une heure d'écart, le volume d'eau potable à soutirer au robinet de la cuisine, avant d'atteindre les 35°C*, à l'aide d'un pot gradué d'un demi litre, et en présence de Mme G LeLous diplômée huissier de justice.
Trois mesures ont été réalisées : 11, 10 et 11 volumes de pot pour atteindre la température de 35°C, soit une moyenne de 5,3 litres d'eau potable chauffée et gaspillée à chaque soutirage depuis la cuisine**.

Analyse du refroidissement de l'ECS*** de l'ancien réseau dans le vide sanitaire à 15°C: afin de qualifier l'isolation existante, il nous a suffi de mesurer les points de refroidissement à 15 et 30 minutes.
Méthode : avant chaque test on laisse l'ECS se stabiliser au robinet (autour de 50°C), puis on mesure sa température :

- après 1/4h de stagnation : 30°C, encore tout-juste utilisable,
- puis après 1/2h : 20°C, donc « froide » pour l'utilisateur.

Disposition du réseau d'ECS après travaux :



Première conclusion, l'analyse des volumes des réseaux avant et après rénovation permet de mettre en avant le premier impact d'une rénovation : cela permet souvent de réduire le volume d'ECS dans le réseau, avec ici une réduction de 0,7 litre du volume d'ECS dans la liaison ballon-cuisine.

Type	ø ext	ø int	Section	Vol/m	Long
DN16	16 mm	12 mm	113 mm²	0,11 l/m	2 m
Cu	12 mm	10 mm	79 mm²	0,08 l/m	4 m
Cu	16 mm	14 mm	154 mm²	0,15 l/m	4 m
Cu	18 mm	16 mm	201 mm²	0,20 l/m	11 m
Volume de l'ancien réseau d'ECS cuisine :					3,37 L
DN 16	16 mm	12 mm	113 mm²	0,11 l/m	2 m
DN 20	20 mm	16 mm	201 mm²	0,20 l/m	12 m
Volume du nouveau réseau d'ECS cuisine :					2,64 L
				Difference:	0,73 L

De plus, ce petit volume sera économisé à chaque future utilisation de l'ECS dans ce pavillon. Et comme ce volume d'eau avait au préalable été chauffé, cela représente une seconde économie d'énergie cummulative à chaque utilisation.

A noter le conflit : plus le volume d'eau contenu dans les tuyaux est important, et plus l'inertie thermique est importante, mais plus le volume perdu aux premiers soutirages sera important. L'arbitrage doit se faire en tenant compte de la fréquence d'utilisation du réseau, et du nombre de robinets sur la ligne.

Mesures après travaux :

Avec le même système de mesure, il faut maintenant 5 volumes de pot pour atteindre les 35°C, soit 2,5 litres, ce qui représente une économie d'eau potable chauffée de 2,5 litres à chaque première utilisation de l'ECS depuis la cuisine, dont 0,7 litre de gain volumique, et 1,8 litre de gain thermique au soutirage, du fait des tubes multicouches dont l'inertie thermique est nettement plus faible que celle du cuivre de l'ancien réseau avec ponts thermiques à chaque point de fixation.

Analyse du refroidissement de l'ECS*** dans le vide sanitaire à 15°C, après avoir laissé stabiliser la température de l'ECS au robinet à 50°C, on mesure la température après des temps d'attente:

- température après 1/4h de stagnation : 40°C,
- après 1/2h : 35°C,
- après 1h : 30°C, soit un quadruplement du temps pour cette température.

Ces mesures sont en phase avec les courbes théoriques calculées, voir ***.

Chantier :

Voir les photos en annexe 2.

Investissement :

- Temps du chantier : 1 journée, à 2 plombiers : 2 jour-hommes
- Raccords : 4 T à sertir, 4 droits DN16 à sertir, 5 droits DN20 à sertir : 100E
- Tubes : 5m de 2inToob DN16x10mm d'isolant et 16m de 2inToob DN20x10mm d'isolant : 290E
- Autres consommables : 10E

Economie :

Il est estimé que ce nouveau réseau permettra de réduire la quantité d'E.C.S. à produire de l'ordre de 40%, sans nuire au confort, ni changer les habitudes de vie pour les habitants du pavillon.

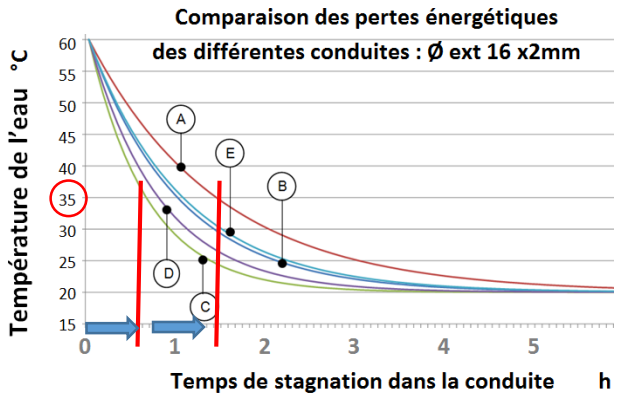
Notes :

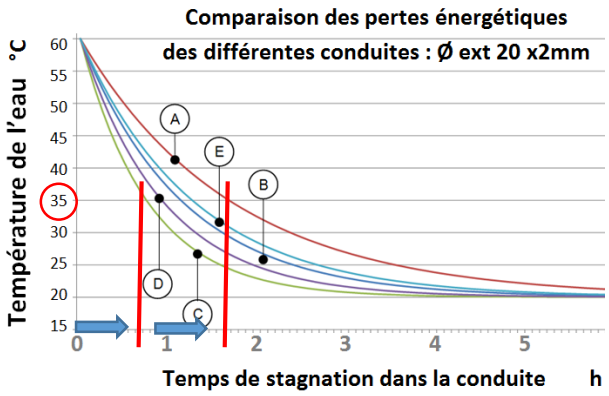
* : 35°C est la température couramment admise comme celle de l'eau chaude sanitaire pour un utilisateur standard moyen, car lorsque l'ECS au robinet a une température inférieure, l'utilisateur laisse couler l'eau jusqu'à obtenir de nouveau une ECS au-dessus de 35°C.

** : en moyenne en France 3 litres d'eau potables sont perdus à chaque ouverture du robinet d'eau chaude.

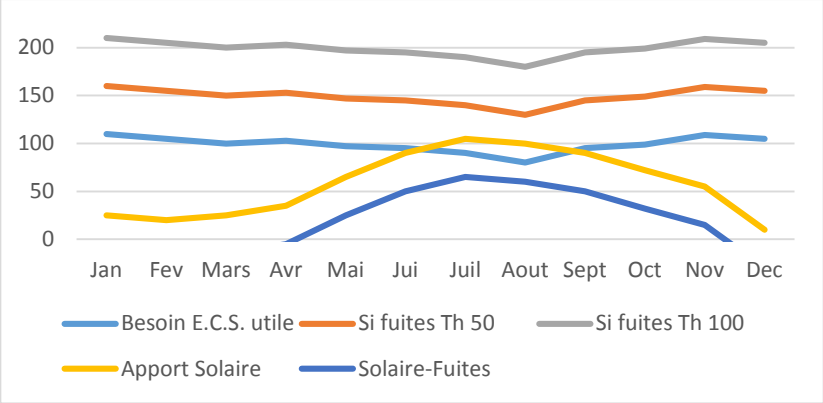
*** : le temps de refroidissement de l'ECS dans le réseau d'ECS est LE premier critère qui provoque le gaspillage d'ECS, car si l'ECS passe sous le seuil de refroidissement des 35°C, alors l'utilisateur laissera couler l'ECS jusqu'à avoir de l'ECS > 35°C. Il faut donc que l'ECS refroidisse le plus lentement possible quand elle est immobile dans le réseau. Plus le refroidissement sera lent, et plus les économies d'ECS seront importantes. Car toujours aujourd'hui en France plus de 50% de la chaleur transportée par les réseaux d'eau chaude est perdue sous forme de fuites thermiques. Courbes de refroidissement dans un air à 20°C :

Diamètre tube	Dn	Diam ext: 16mm Diam int: 12mm					Diam ext: 20mm Diam int: 16mm				
Epaisseur isolant		10mm	5mm	6mm	10mm	20mm	10mm	5mm	6mm	10mm	20mm
Isolant		aérogel λ= 0.015 W/m·K		isolant λ= 0.035 W/m·K			aérogel λ= 0.015 W/m·K		isolant λ= 0.035 W/m·K		
Résistance thermique	RIU	8,60 mK/W	5,15 mK/W	2,55 mK/W	3,69 mK/W	5,70 mK/W	7,36 mK/W	4,30 mK/W	2,14 mK/W	3,15 mK/W	5,00 mK/W
Résistance transfert surfacique : *8 W/m²·K*	ROU	0,88 mK/W	1,22 mK/W	1,42 mK/W	1,11 mK/W	0,71 mK/W	0,80 mK/W	1,06 mK/W	1,24 mK/W	1,00 mK/W	0,66 mK/W
Coeff perte totale :	UR	0,11 W/mK	0,16 W/mK	0,25 W/mK	0,21 W/mK	0,16 W/mK	0,12 W/mK	0,19 W/mK	0,30 W/mK	0,24 W/mK	0,18 W/mK
Classe svt RT2005		6+	5	2	3	5	6+	4	1	2	4
Exemples :		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E





L'impact de la qualité d'isolation des réseaux techniques et d'E.C.S. peut-être visualisé simplement : pour un besoin au robinet d'E.C.S. = 100, et si l'apport solaire sans fuite thermique représente 50% du besoin.



Alors si les fuites thermiques du réseau d'ECS sont de 50% de la chaleur produite (la moyenne française) soit égale à la chaleur utilisée, alors le solaire ne représente plus que 25% du besoin total, pour une même production.

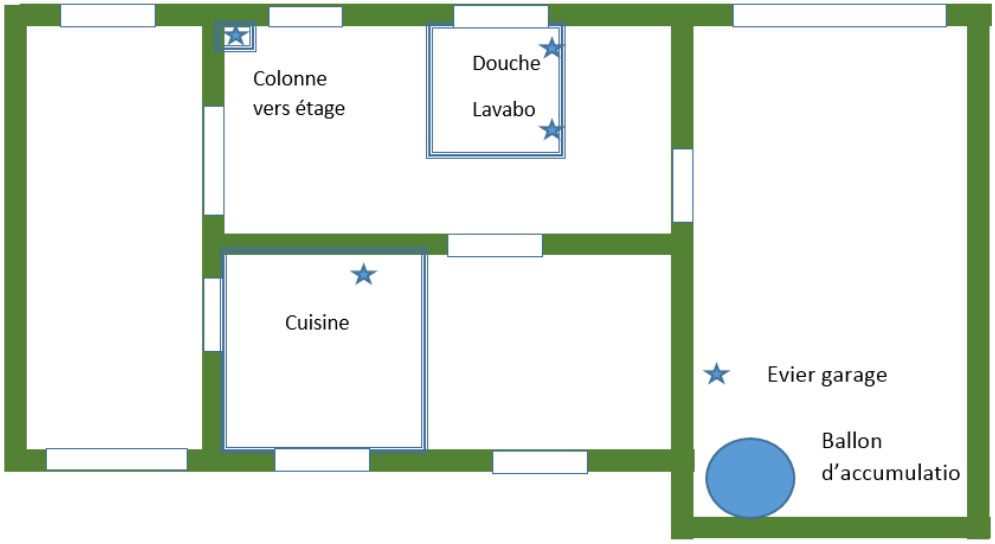
Cet écart doit alors être compensé par des apports d'énergies conventionnelles : fuel, gaz, bois, etc.

De même si le réseau technique solaire a des fuites thermiques, cette énergie devra être compensée par des énergies conventionnelles (voir apport Solaire-fuites).

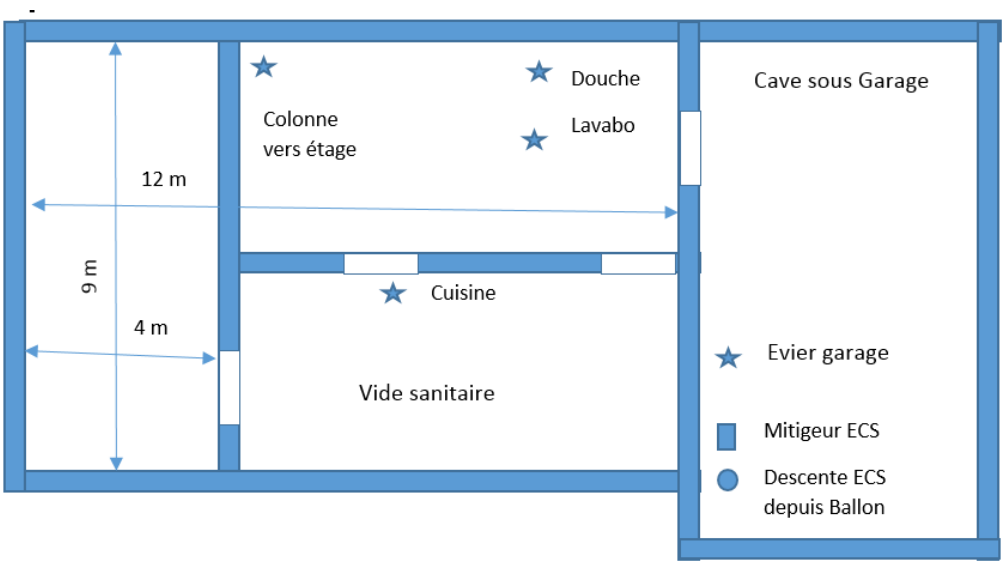
Pour tous les réseaux, ECS et source de chaleur, la pérennité des isolations est un facteur essentiel.

Annexe 1 :

Disposition du pavillon au RDC :



Disposition du pavillon au sous-sol sous le garage, et vide-sanitaire sous l'habitation :

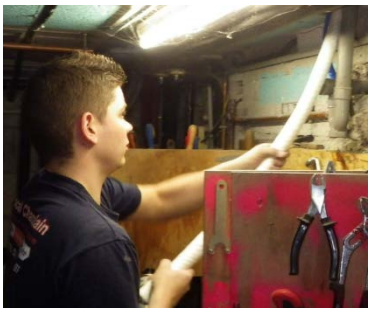


Annexe 2 : photos du chantier

Ancien réseau :
passage cave – vide sanitaire

Sortie ECS au ballon :
montage du raccord à sertir pour le tube multicouche DN20 en sortie du ballon d'accumulation :
et descente vers la cave du 2inToob pré-isolé :

Evier du garage :
ancien réseau dans la cave et sous l'évier :
et passage du nouveau tube :



préparation de l'extrémité du tube avec l'outil de calibrage :

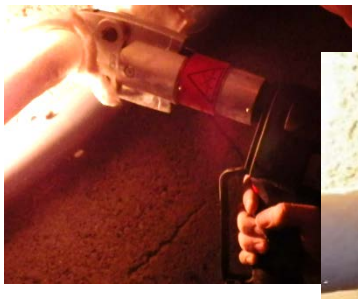
et sertissage de l'embout :

préparation des 2inToob avant sertissage,
stabiliser les films PE anti poussière
avec un scotch :

puis fendre l'isolant au cutter :

Puis calibrer le tube avec l'outil standard tournant :

Exemple de raboutage, avec l'isolation remise en place après sertissage des raccords pour assurer la continuité de l'isolation :



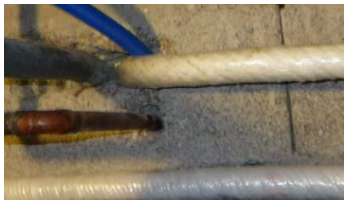
Mitigeur limiteur de température du réseau d'ECS :

le tube d'arrivée d'eau froide pour mitigée l'eau chaude est un pont thermique important (eau froide à 10°C, air ambiant à 15°C, et les tuyaux « froids » sont mesurés à 20°C, ils diffusent la chaleur :

Préparation du mitigeur avec les raccords pour tubes multicouches, et remontage entre l'arrivée du ballon, et le tube partant dans le vide sanitaire, noter la rupture de pont thermique avec un tube 2inToob de 50cm en partie basse :

Ancienne alimentation de la SdB du RDC :

Isolation continue garantie à tous les passages de mur ou de sol :



Installation d'un « T » :

Nouveau réseau posé en plafond du vide sanitaire avec embranchement vers lavabo et douche du RDC :

Extrémité du réseau vers la montée à l'étage :

Raccordement de l'évier de la cuisine :

Schéma des équivalences d'épaisseur d'isolant en fonction du λ du matériau isolant :

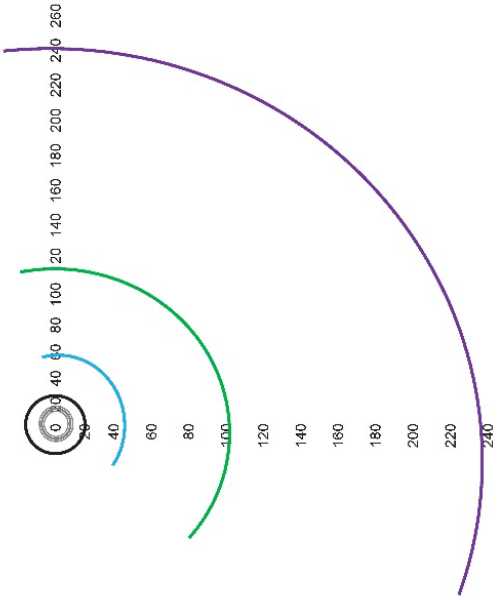
Epaisseurs d'isolant comparées
En fonction du λ W/mK

Pour une tuyauterie de haute performance thermique :

ayant un coefficient de perte thermique — Ui = 0,11 W/mK
Si elle est réalisée avec des tubes de Øext 16mm, alors les épaisseurs d'isolant requises sont :

Lambda	0,015	0,030	0,045	0,060	en W/mK
Epaisseur	10	35	90	230	en mm
Diamètre total	36	86	196	476	en mm

Ex: tube muticouche DN16: Øext 16mm Øint 12mm



Qualité de l'air, et risque incendie: la silice amorphe est du verre, elle est chimiquement stable et ne brule pas, alors que les isolants polymères sont des sources d'émanation de divers solvants tout au long de leur vie, et en cas d'incendie ils deviennent des carburants, en émettant des fumées souvent toxiques.

PIB sarl RCS 441 308 343 00025
6 rue Georges Brassens MORLAIX Fr
contact@pib-isolation.fr
Tel: +33 298 634 257
Fax: +33 253 596 101

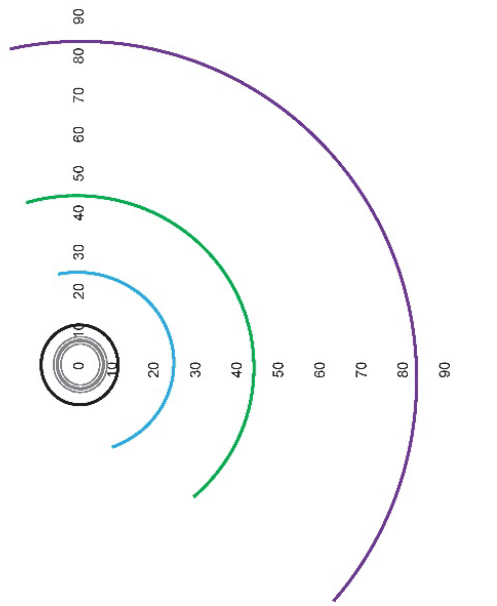
Epaisseurs d'isolant comparées
En fonction du λ W/mK

Pour une tuyauterie de performance thermique normale :

ayant un coefficient de perte thermique — Ui = 0,16 W/mK
Si elle est réalisée avec des tubes de Øext 16mm, les épaisseurs d'isolant requises sont

Lambda	0,015	0,030	0,045	0,060	en W/mK
Epaisseur	5	16	36	76	en mm
Diamètre total	26	48	88	168	en mm

Ex: tube muticouche DN16: Øext 16mm Øint 12mm



Pérennité: la silice amorphe est du verre, son vieillissement en est très proche. Comme les installations E.C.S. sont posées pour au moins 20 ans, pour garantir l'efficacité thermique des tuyauteries, il est important que les isolants gardent le même λ sur toute la période.

CHAMPS D'UTILISATION

Réseaux	Solaire	Chauffage	Sanitaire
2inToob	NON	OUI	OUI
TwinToob	OUI	OUI	NON

PIB-Isolation 6 Rue Georges BRASSENS 29 600 MORLAIX TVA: FR 744 413 08343 contact@pib-isolation.fr www.pib-isolation.fr +33 (0) 298 634 257

R et U calculés des 2inToob et TwinToob, validés par le BE TecSol :

TECSOL
Bureau d'études techniques en énergie solaire

Perpignan, le 30 Janvier 2015

Objet : Validation des calculs théoriques de performances en termes de résistance thermique des canalisations PIB Isolation

Par le présent document, TECSOL certifie l'exactitude des calculs théoriques effectués par la société PIB – Isolation pour le calcul du coefficient de pertes linéiques de sa gamme 2inToob et Twintoob sur la base de la véracité du coefficient λ (conductivité thermique) de l'isolant aérogel marquée CE (valeur de 0,015 W/m.K).

Résistances et conductivités thermiques : Ces valeurs sont obtenues par calculs théoriques pour les tubes isolés, à l'aide des formules mathématiques appropriées. Ces calculs donnent les résultats théoriques suivants que nous certifions exacts :

2inToob

Tube Multicouche isolé		Tube nu øint	Tube nu øext	Tube isolé øext total	R total	Ui total Ui = 1/Rtt
DN16	+ isolant 5 mm	12 mm	16 mm	26 mm	9,43	0,106
	+ isolant 10 mm			36 mm	12,55	0,080
DN20	+ isolant 5 mm	16 mm	20 mm	30 mm	7,73	0,129
	+ isolant 10 mm			40 mm	10,52	0,095
Rtt = R1+R2+Rech , R1: tube multicouche, R2: isolant, Rech: echange surfacique					mK/W	W/mK
Rtt = [(ln(Dext/Dint))/(2 . π . λ)]tube + [(ln(Dext/Dint))/(2 . π . λ)]isol + 1/(2 . π . h ech Rext isol)						

TwinToob

Tube inox annelé isolé		Tube nu øint	Tube nu øext	Tube isolé øext total	R total	Ui total Ui = 1/Rtt
DN12 par 2 tubes	+ isolant 5 mm	12 mm	16,5 mm	28 mm	6,18	0,162
	+ isolant 10 mm			38 mm	9,28	0,108
DN16 par 2 tubes	+ isolant 5 mm	16 mm	21,5 mm	33 mm	5,03	0,199
	+ isolant 10 mm			43 mm	7,73	0,129
DN20 par 2 tubes	+ isolant 5 mm	20 mm	26,5 mm	38 mm	4,25	0,235
	+ isolant 10 mm			48 mm	6,64	0,151
DN25 par 2 tubes	+ isolant 5 mm	25 mm	32,0 mm	43 mm	3,63	0,275
	+ isolant 10 mm			53 mm	5,76	0,174
DN 32 par 1 tube	+ isolant 5 mm	32 mm	41,0 mm	52 mm	2,93	0,341
	+ isolant 10 mm			62 mm	4,74	0,211
DN40 par 1 tube	+ isolant 5 mm	40 mm	47,3 mm	58 mm	2,59	0,386
	+ isolant 10 mm			68 mm	4,22	0,237
Rtt = R1+R2+Rech , R1: isolant, R2: peau PVC, Rech: echange surfacique					mK/W	W/mK
R tt = [(ln(Dext/Dint))/(2 . π . λ)]isolant + [(ln(Dext/Dint))/(2.π.λ)]peau + 1/(2.π. h ech Rext peau)						

Classification théorique des tubes isolés suivant le principe du CSTB (EN 12828)

ÉPAISSEUR MINIMALE D'ISOLATION EN MM ET
COEFFICIENT DE PERTE POUR LES CLASSES D'ISOLATION 1 A 6 (CF. EN12828)

Extérieur du tube (sans isolant)	Classe1						Classe2						Classe3					
	Coeff perte lin UI (W/m.K)	Conductivité thermique de l'isolant λ (W/m.K)					Coeff perte lin UI (W/m.K)	Conductivité thermique de l'isolant λ (W/m.K)					Coeff perte lin UI (W/m.K)	Conductivité thermique de l'isolant λ (W/m.K)				
		0,015	0,030	0,040	0,050	0,060		0,015	0,030	0,040	0,050	0,060		0,015	0,030	0,040	0,050	0,060
diam 10 mm	0,25	0,3 mm	1 mm	3 mm	6 mm	11 mm	0,23	1 mm	2 mm	5 mm	8 mm	14 mm	0,20	1 mm	4 mm	7 mm	13 mm	20 mm
diam 20 mm	0,29	2 mm	5 mm	7 mm	11 mm	16 mm	0,25	3 mm	7 mm	12 mm	19 mm	27 mm	0,22	4 mm	10 mm	17 mm	26 mm	38 mm
diam 30 mm	0,32	3 mm	8 mm	12 mm	17 mm	23 mm	0,28	4 mm	11 mm	17 mm	25 mm	36 mm	0,24	5 mm	14 mm	23 mm	35 mm	50 mm
diam 40 mm	0,35	4 mm	10 mm	14 mm	20 mm	28 mm	0,30	6 mm	14 mm	21 mm	30 mm	42 mm	0,26	7 mm	18 mm	28 mm	41 mm	58 mm
diam 60 mm	0,42	6 mm	12 mm	18 mm	26 mm	37 mm	0,36	7 mm	17 mm	26 mm	37 mm	50 mm	0,30	9 mm	23 mm	35 mm	50 mm	69 mm
diam 80 mm	0,48	7 mm	14 mm	22 mm	31 mm	41 mm	0,41	9 mm	20 mm	29 mm	41 mm	54 mm	0,34	11 mm	26 mm	39 mm	55 mm	74 mm
diam 100 mm	0,55	8 mm	15 mm	23 mm	32 mm	44 mm	0,46	10 mm	22 mm	32 mm	43 mm	57 mm	0,38	12 mm	29 mm	42 mm	59 mm	78 mm
diam 200 mm	0,88	10 mm	19 mm	26 mm	35 mm	46 mm	0,72	12 mm	27 mm	37 mm	49 mm	62 mm	0,58	16 mm	35 mm	50 mm	66 mm	85 mm
diam 300 mm	1,21	10 mm	21 mm	29 mm	39 mm	50 mm	0,98	13 mm	28 mm	39 mm	51 mm	64 mm	0,78	18 mm	38 mm	53 mm	69 mm	86 mm

Extérieur du tube (sans isolant)	Classe4						Classe5						Classe6					
	Coeff perte lin UI (W/m.K)	Conductivité thermique de l'isolant λ (W/m.K)					Coeff perte lin UI (W/m.K)	Conductivité thermique de l'isolant λ (W/m.K)					Coeff perte lin UI (W/m.K)	Conductivité thermique de l'isolant λ (W/m.K)				
		0,015	0,030	0,040	0,050	0,060		0,015	0,030	0,040	0,050	0,060		0,015	0,030	0,040	0,050	0,060
diam 10 mm	0,18	2 mm	6 mm	11 mm	19 mm	31 mm	0,15	3 mm	9 mm	17 mm	29 mm	49 mm	0,13	3 mm	13 mm	22 mm	40 mm	62 mm
diam 20 mm	0,19	5 mm	13 mm	23 mm	36 mm	56 mm	0,16	6 mm	18 mm	33 mm	54 mm	86 mm	0,14	8 mm	25 mm	36 mm	70 mm	110 mm
diam 30 mm	0,21	7 mm	19 mm	31 mm	49 mm	72 mm	0,17	9 mm	26 mm	45 mm	71 mm	111 mm	0,14	13 mm	35 mm	57 mm	94 mm	148 mm
diam 40 mm	0,22	9 mm	24 mm	38 mm	58 mm	84 mm	0,18	12 mm	32 mm	54 mm	85 mm	128 mm	0,15	16 mm	43 mm	68 mm	110 mm	156 mm
diam 60 mm	0,25	12 mm	30 mm	47 mm	70 mm	99 mm	0,21	15 mm	41 mm	67 mm	102 mm	150 mm	0,17	21 mm	60 mm	90 mm	138 mm	210 mm
diam 80 mm	0,28	14 mm	35 mm	54 mm	77 mm	107 mm	0,23	19 mm	48 mm	76 mm	113 mm	162 mm	0,18	26 mm	70 mm	108 mm	155 mm	240 mm
diam 100 mm	0,31	16 mm	38 mm	58 mm	82 mm	112 mm	0,25	21 mm	53 mm	82 mm	120 mm	169 mm	0,20	28 mm	75 mm	115 mm	165 mm	260 mm
diam 200 mm	0,46	21 mm	47 mm	68 mm	92 mm	120 mm	0,36	27 mm	65 mm	97 mm	134 mm	178 mm	0,28	38 mm	93 mm	140 mm	180 mm	280 mm
diam 300 mm	0,61	23 mm	51 mm	72 mm	95 mm	122 mm	0,47	32 mm	71 mm	102 mm	137 mm	178 mm	0,36	43 mm	100 mm	149 mm	223 mm	280 mm

CLASSE des tubes pré-isolés suivant le système CSTB (CF. EN12828)		
Type	Epaisseur de l'isolant 5 mm	Epaisseur de l'isolant 10 mm
2inToob DN16	5	6
2inToob DN20	4	6
TwinToob DN12	5	6
TwinToob DN16	4	6
TwinToob DN20	3	5
TwinToob DN25	2	5
TwinToob DN32	non dispo	4
TwinToob DN40	non dispo	3

NB : Ces calculs sont effectués sur une base théorique. Une validation par des tests devra être réalisée.

Daniel Mugnier
Responsable R&D TECSOL

RGE OPQIBI L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE Efficacité énergétique ENR

Siège social : 105 avenue Alfred Kastler - Tecnosud - B.P.90434 - 66004 Perpignan Cedex - FRANCE
Tél. : +33 (0) 4 68 68 16 40 - Fax : +33 (0) 4 68 68 16 41 - e-mail : info@tecsol.fr
Société Anonyme au Capital de 164 808 € / R.C. Perpignan B 324 938 786 / Code APE 7112B / www.tecsol.fr
N° TVA Intracommunautaire : FR 29 324 938 786

opqibi CERTIFICAT N 01 06 1492