

Annale zéro n°3 (V1)

(Coefficient 8 – Durée 4 heures)

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

Centre nautique de Bayonne



Constitution du sujet

- **sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
 - **partie1 (3 heures)**.....pages 2 à 9
 - **partie2 (1 heure)**.....page 9
- **documents réponses** DR1 à DR3.....pages 10 à 12
- **documents techniques** DT1 à DT11.....pages 13 à 23

Le sujet comporte deux parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Les documents réponses DR1 à DR3 seront à rendre agrafés aux copies

Mise en situation

La ville de Bayonne a inauguré en janvier 2011 un nouveau centre nautique répondant parfaitement aux critères et exigences de développement durable et de l'éco-conception.

Cette nouvelle structure collective propose des activités sportives et ludiques dans trois espaces aquatiques :

- un bassin sportif pouvant accueillir des compétitions ;
- un bassin d'apprentissage ;
- une lagune de jeux pour l'éveil aquatique.

La municipalité a souhaité que cette construction soit labellisée Haute Qualité Environnementale (HQE). La démarche HQE vise à offrir des ouvrages sains et confortables dont les impacts sur l'environnement sont maîtrisés (Voir **DT1**). Dans ce cadre, au travers de solutions déjà approuvées ou innovantes, le centre nautique propose des performances environnementales et énergétiques remarquables :

- parfaite intégration du bâtiment dans le paysage ;
- utilisation de matériaux sains et recyclables ;
- exploitation maximale des éclairages naturels ;
- toiture végétale favorisant la gestion des eaux pluviales ;
- bassins en inox permettant de limiter le traitement physico-chimique de l'eau, de monter plus rapidement en température et d'assurer une longévité accrue des structures.

Ce sujet permet de découvrir les solutions mises en œuvre pour satisfaire certains objectifs environnementaux de ce centre nautique :

- maîtriser les impacts sur l'environnement extérieur ;
- créer un environnement intérieur satisfaisant.

Partie 1 : Le centre nautique, une construction labellisée HQE

Pour obtenir la labellisation HQE, le centre nautique doit répondre à des exigences particulières, comme :

- le respect d'une démarche d'éco-construction ;
- l'optimisation de la gestion et de la maintenance technique des installations ;
- le confort visuel.

1. Analyse des cibles éco-construction

Q1. Extraire de l'article de presse **DT2**, trois arguments (mots ou groupes de mots) visant à démontrer la parfaite intégration paysagère de cette nouvelle construction.

Q2. De la même façon, en vous aidant du **DT1** et du **DT2**, rechercher dans le texte deux noms de matériaux recyclables utilisés dans la construction de la piscine, permettant de mettre en avant deux cibles d'éco-construction visées dans cet ouvrage. Préciser la ou les parties du bâtiment concerné.

2. Analyse de la qualité sanitaire des espaces

Le document **DR1** représente le plan du premier étage du centre nautique.

Q3. Repérer sur le **DR1** le chemin que doit emprunter le nageur pour se rendre de l'entrée du bâtiment jusqu'aux bassins de nage. Même question pour un usager appartenant à un groupe scolaire (attention à bien identifier les deux représentations).

3. Analyse de la gestion de l'entretien et de la maintenance

Dans une piscine classique, les dysfonctionnements sont signalés par téléphone et il faut attendre qu'un technicien se déplace pour intervenir.

Cette piscine est dotée d'un réseau informatique et d'un accès à internet permettant une gestion à distance de tout le système technique.

Cet environnement informatique permet de :

- détecter et résoudre rapidement des problèmes de manière à répondre rapidement aux besoins de santé et de confort des usagers ;
- limiter au maximum les déplacements des techniciens et ainsi participer à la diminution d'émission de CO₂.

On se propose d'étudier dans les paragraphes suivants l'organisation et le paramétrage du réseau informatique.

Le schéma représentatif du réseau informatique est donné sur le document **DT3**.

Infrastructure de la partie technique

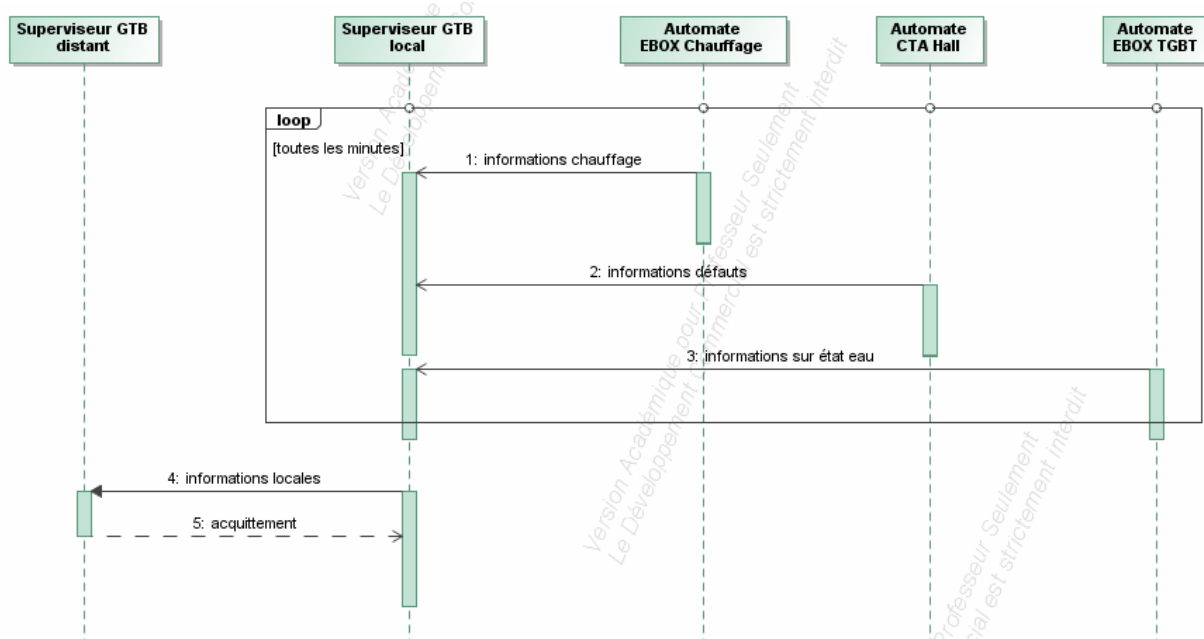


Figure 1 : Diagramme de séquence de la partie technique

La gestion technique du bâtiment (GTB) intègre l'ensemble des systèmes de contrôle/commande dans le but d'optimiser les consommations d'énergie du bâtiment.

La supervision GTB comprend un poste local et un poste de télémaintenance déporté sur internet. Les deux postes disposent du même logiciel dont le rôle est de :

- afficher un synoptique représentatif du système ;
- afficher l'évolution en temps réel des données ;

- commander en temps réel des actionneurs ;
- archiver, imprimer, etc.

Un réseau d'automates permet de gérer ces informations. Chaque automate doit assurer la concentration des données et les transmissions avec l'unité centrale (superviseur GTB). La transmission des données est effectuée avec le protocole standard Ethernet et le couple TCP/IP.

Infrastructure du système de caisse

À partir d'un serveur central sur internet (totalement dissocié du serveur des automates), ce système de contrôle d'accès permet en temps réel :

- d'effectuer la vente des titres d'accès ;
- de gérer les entrées ;
- de faciliter le travail des caissières ;
- de mieux connaître ses clients : particuliers, groupes, clubs ;
- de maîtriser les heures d'ouverture et la fréquentation de l'établissement ;
- de distinguer les clients ponctuels des abonnés.

La solution porte le nom "Oxygene Full Web". En cas de dysfonctionnement d'internet la caisse fonctionne en mode autonome.

Secrétariat, Direction et autres bureaux

Le secrétariat et la direction disposent de postes informatiques et d'imprimantes reliés au système « Oxygene Full Web » permettant à la direction de consulter les données de caisse à travers un simple navigateur.

Les bureaux des associations et la salle de réunion disposent aussi de prises multimédia pour un accès à internet.

Q4. En analysant le document **DT3**, nommer les technologies physiques de télécommunication utilisées sur le réseau local et pour la liaison WAN.

Q5. Du point de vue des machines du réseau interne, donner le rôle particulier que joue le routeur ADSL leur permettant d'accéder au réseau extérieur (internet).

Le paramétrage IP des équipements du réseau doit permettre aux machines de communiquer avec le routeur.

Q6. Pour le routeur modem ADSL, donner l'adresse publique qui lui permet de communiquer avec le superviseur sur internet ainsi que l'adresse privée qui lui permet de communiquer avec le matériel de la piscine.

Q7. Pour la partie LAN, donner le masque et l'adresse du réseau de la piscine.

Q8. Dans la situation décrite justifier que toutes les machines (automates, ordinateurs, imprimantes) du réseau LAN peuvent communiquer entre elles et avec le routeur.

Les équipements internes à la piscine doivent communiquer avec le superviseur sur internet.

Q9. Les machines disposent d'une adresse IP et d'un masque. Donner le nom du paramètre à ajouter pour qu'elles accèdent à internet.

Q10. Dans le cas du réseau étudié, indiquer la valeur de ce paramètre afin que les machines communiquent avec le superviseur sur internet.

Après lecture du diagramme séquence donné **figure 1**:

Q11. En une phrase, expliquer comment le serveur GTB local récupère les différentes informations des automates.

Q12. Donner le sens de transmission des informations entre le serveur GTB distant et le serveur GTB local. Justifier que ce ne soit pas possible dans l'autre sens.

Q13. Justifier que les organisations physique et logique du réseau permettent la gestion à distance de la piscine depuis internet facilitant ainsi la gestion de l'entretien et de la maintenance.

4. Analyse du confort visuel proposé

Pour l'espace baignade, cœur de l'ouvrage, l'architecte a choisi de favoriser un volume dégagé de toute structure pour offrir une ouverture maximale vers l'extérieur, grâce à des éléments élancés.

La structure porteuse est constituée (voir **DT4**) :

- d'une charpente en bois lamellé collé de classe 3 permettant de franchir l'intégralité de l'espace baignade, soit 32 m ;
- de poteaux ronds en bois ;
- d'éléments verticaux en béton armé.

Pour valider l'idée générale de conception de cette structure auto porteuse, l'architecte doit vérifier que les déformations maximales restent acceptables. Dans une première phase de conception préliminaire, la structure porteuse est modélisée de manière simplifiée (voir **DT4**). Cette structure se décompose en huit éléments :

- deux poutres bois (c) et (d), de section 105 mmx620 mm, prenant appui respectivement, entre les éléments de maçonnerie des files A et B, puis B et C ;
- un arbalétrier en lamellé collé (b), de section 230 mm x 2000 mm, prenant appui sur le mur en maçonnerie de la file C et le poteau en béton de la file D ;
- une poutre en bois (a), de section constante 100 mm x 430 mm, prenant appui sur le poteau béton file D et le poteau bois file E.

Les liaisons aux nœuds 6, 8, 9 et 10 sont assimilables à des encastremements.

Les liaisons aux nœuds 2, 3, 4, 5 et 7 sont assimilables à des pivots.

La liaison au nœud 1 est assimilable à un appui simple.

La charge est supposée verticale et uniformément répartie sur le toit. (Voir **figure 2** ci-après)

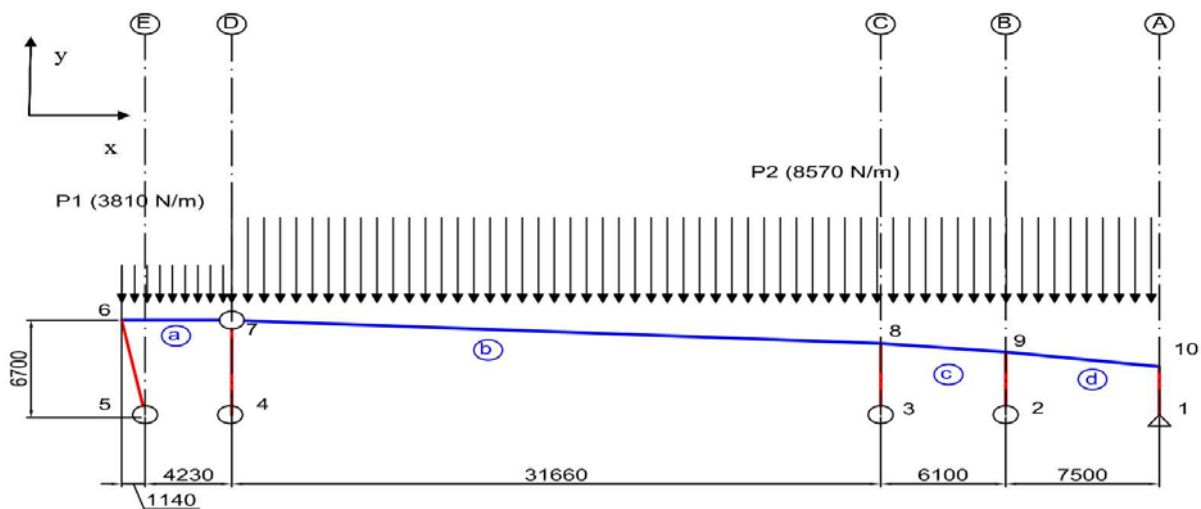


Figure 2 : schéma de la structure porteuse de la trame 8

Après modélisation de cette structure, le bureau d'études dispose des résultats de l'allure de sa déformation sous charge (voir **figure 3** ci-après).

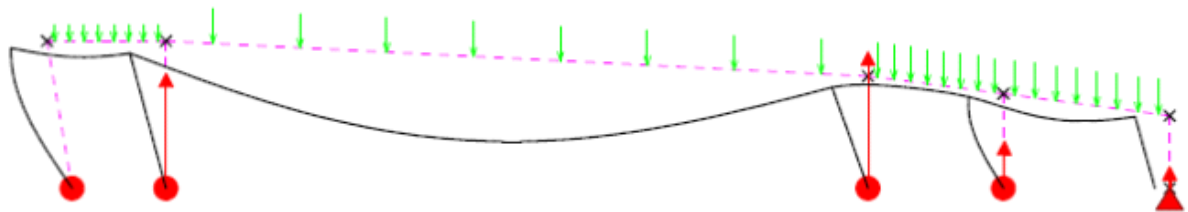


Figure 3 : déformée de la structure porteuse de la trame 8

Q14. En analysant les déplacements aux nœuds 7 et 8, valider le choix des concepteurs quant à la modélisation de chaque nœud.

Q15. Compte tenu de la portée importante, le critère permettant de dimensionner l'arbalétrier (poutre b) est un critère de déformation. Nous allons comparer deux matériaux différents : une poutre en lamellé collé et une poutre en acier. En vous aidant du formulaire **DT5**, calculer le moment quadratique (ou inertie) minimale permettant de satisfaire le critère de flèche. A l'aide du **DT6**, choisir dans les deux cas, le profilé satisfaisant ce critère.

Q16. À partir de l'analyse des matériaux donnée dans le **DT6**, conclure sur le choix effectué par l'architecte pour la structure porteuse.

5. Analyse de la qualité sanitaire des eaux : structure du bassin de nage en inox

Afin d'assurer la qualité sanitaire des eaux de baignade, l'architecte a effectué le choix des solutions technologiques suivantes :

- des bassins en inox pour minimiser l'entretien et faciliter la maintenance de l'espace baignade, permettant du coup des économies énergétiques non négligeables à long terme, tout en assurant une grande qualité sanitaire de l'eau,
- des équipements garantissant la qualité des eaux de baignade en conformité avec la réglementation en vigueur.

Le bassin de nage, d'une profondeur de 2m, est entièrement conçu en structure acier inoxydable d'une épaisseur de 2,5mm et repose sur une structure porteuse.

Le fond repose sur le sol et les côtés viennent en appui sur des raidisseurs verticaux espacés de 50 cm.

Un raidisseur sur deux prend appui ensuite sur le mur vertical en béton (point B) et sur le fond (point A) grâce à des platines percées de deux trous. Chaque platine est fixée dans le béton grâce à deux chevilles.

Pour des raisons de sécurité, la structure du bassin doit répondre au niveau de la norme, à des critères de résistance (forces et contraintes admissibles) mais aussi de déformation de la tôle sur les parois. Ces critères de sécurité sont résumés dans le tableau ci-dessous.

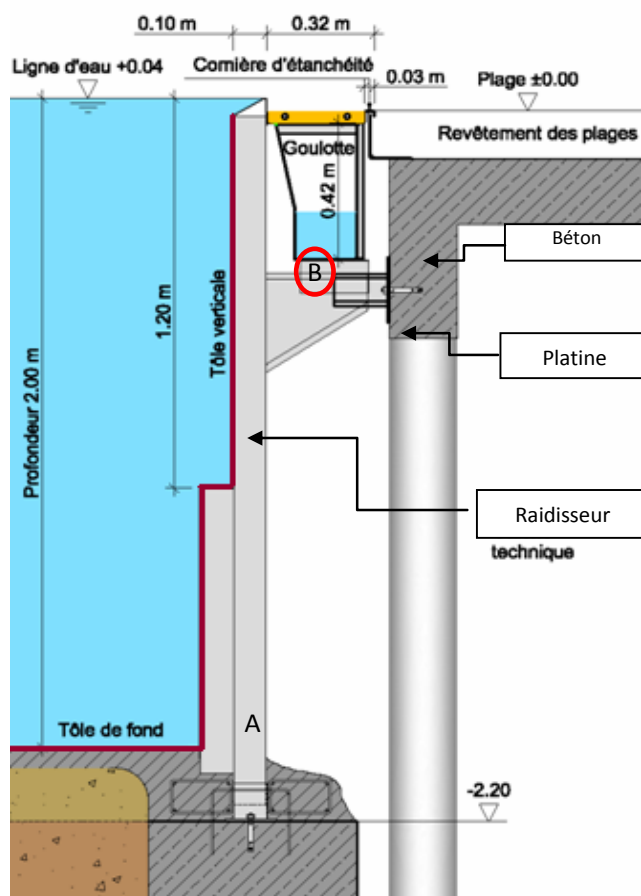


Figure 4 : coupe transversale du bassin sportif

Élément de structure	Vérification	Grandeur à vérifier	Définition	Critère de résistance
Structure verticale complète	Contrainte toutes directions	CS : Coefficient de sécurité de contrainte	$CS = R_E / \sigma_{MAX}$	$CS > 3$
Tôle	Déformation	Uz : Déformation horizontale maximale admissible		$Uz < 3 \text{ mm}$

Figure 5 : critères de sécurité

L'utilisation d'un logiciel de mécanique a permis d'obtenir les contraintes et les déformations appliquées sur le bassin de nage (voir document DT7).

Q17. Vérifier si les critères de résistance sont conformes aux préconisations énoncées dans le tableau figure 5.

6. Analyse du confort hygrothermique

L'enveloppe extérieure du bâtiment a une incidence importante sur les consommations énergétiques des constructions. L'architecte a choisi une solution d'isolation par l'extérieur pour les murs extérieurs.

L'enveloppe extérieure de la piscine est constituée d'un mur en béton armé de 20 cm d'épaisseur. Pour assurer l'isolation thermique, il est prévu de mettre en œuvre des panneaux isolants extérieurs en polystyrène expansé recouverts d'un grillage métallique galvanisé servant de base d'accrochage à un enduit hydraulique. Côté intérieur, les murs en béton recevront une couche de peinture en finition.

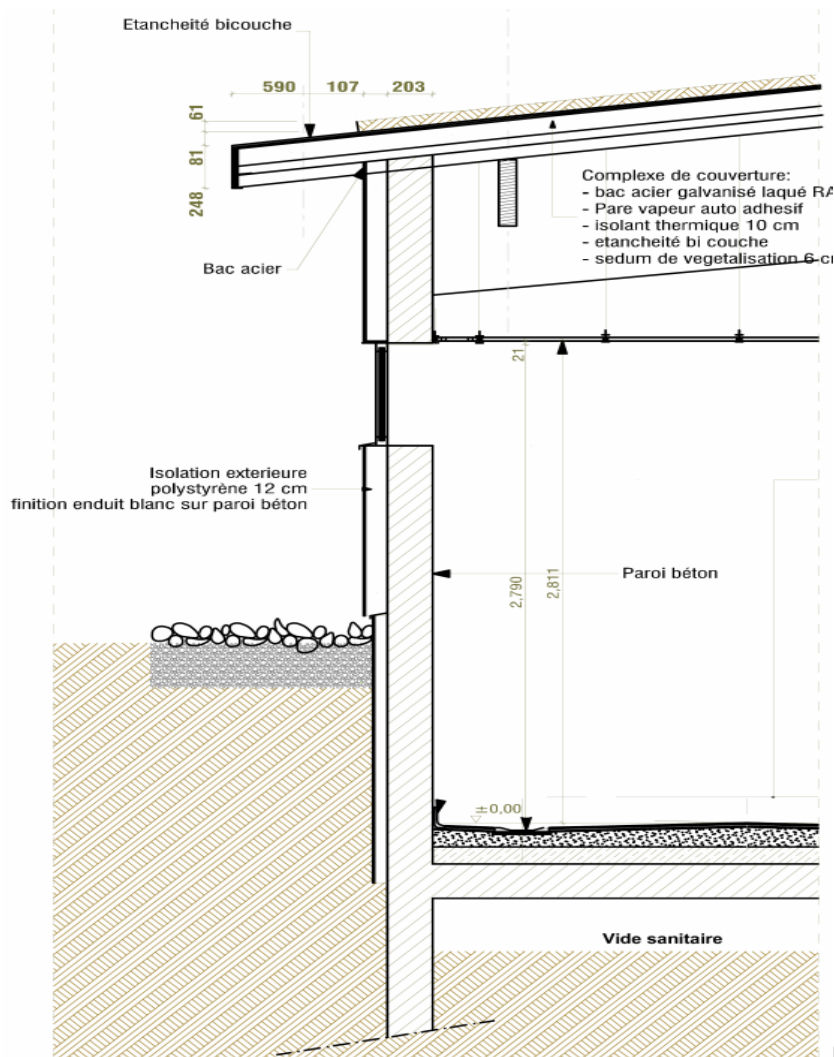


Figure 6 : Vue en coupe du mur extérieur

Une modélisation simplifiée de cette partie de l'ouvrage (**DT8**) est proposée pour justifier ce choix de l'architecte.

Le document **DT9** fournit l'évolution de la température ambiante et celle à l'interface entre l'isolant et le béton lorsque l'ambiance reçoit des apports de chaleur alors qu'elle n'a pas besoin d'être chauffée (28°C est la température de confort recherchée).

Q18. En exploitant les résultats de la simulation scientifique présentée dans les documents **DT8**, **DT9** et en vous aidant de l'extrait de la revue Info Ciment proposée, justifier ce choix.

Conclusion

Dans cette construction, le maître d'ouvrage a mis en œuvre plusieurs solutions techniques qui ont permis l'obtention de la certification HQE (**DT1**).

Q19. En vous aidant du document **DT1**, compléter le tableau du document **DR2** en indiquant avec des croix les cibles HQE visées dans chaque partie du questionnaire. Indiquer les cibles restant à valider pour obtenir un label HQE sur cet ouvrage.

Partie2 : Système Héliopac

Les piscines sont des bâtiments très énergivores : chauffage de l'eau des bassins, des locaux, production d'eau chaude sanitaire, ventilation des locaux, etc.

Pour minimiser la consommation d'énergie, le maître d'ouvrage a choisi un système innovant de production d'eau chaude sanitaire, le système Héliopac qui comprend en particulier des capteurs solaires et une pompe à chaleur.

Le document **DT10** fournit le schéma de principe de l'installation sur lequel sont indiqués les repères des différents équipements (sondes de température, vannes 3 voies...)

Le système Héliopac est décrit dans le document technique **DT10**.

Bilans énergétiques et environnementaux :

La chaleur absorbée par le capteur solaire du système Héliopac est transportée vers les ballons de stockage d'eau chaude sanitaire grâce à un circuit d'eau additionnée de glycol pour éviter les risques de gel en hiver.

Le document **DT11** fournit une simulation du fonctionnement du capteur solaire pour différentes puissances solaires incidentes.

Q20. Justifier l'allure des courbes tracées sur le document **DT11**.

Q21. A partir des données figurant sur le document **DT11**, vérifier par un calcul la valeur du rendement du capteur pour une puissance solaire incidente égale à 800 W/m^2 .

Q22. Sur le document réponse **DR3**, calculer la participation annuelle (en %) du solaire (par l'échangeur direct) et de la pompe à chaleur dans la couverture des besoins. Calculer l'énergie annuelle complémentaire qui doit être fournie par l'appoint (eau chaude produite par une chaufferie fonctionnant au gaz).

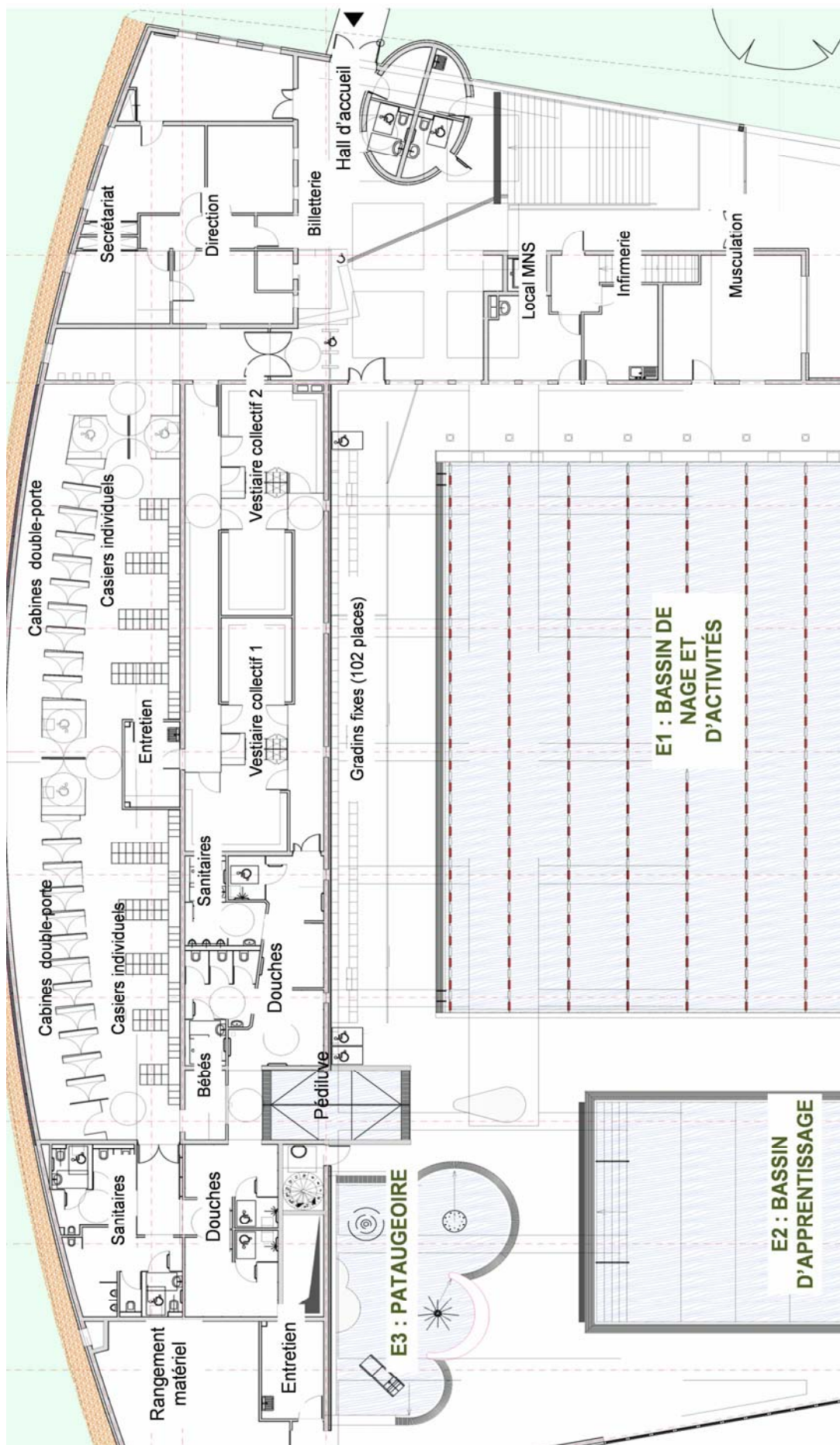
Le constructeur du système Héliopac soutient que, pour la production d'eau chaude sanitaire de cette piscine, son système permet d'éviter le rejet de 34 tonnes de CO_2 par an.

Il précise les hypothèses retenues pour ce calcul :

- 0.04 kg de CO_2 par kWh fourni par la pompe à chaleur,
- 0.24 kg de CO_2 par kWh produit par la chaudière gaz,
- rendement annuel global de la fourniture de chaleur par chaudière gaz : 70%,
- les consommations des équipements auxiliaires (pompe, vannes, ...) ne sont pas prises en compte.

Q23. Sur le document réponse **DR3**, calculer l'économie annuelle réalisée sur les rejets de CO_2 grâce à la solution Héliopac par rapport à une solution faisant uniquement appel à des chaudières gaz.

Document réponse DR1 : Plan du premier étage du centre nautique



Document réponse DR2 : Synthèse

	Cibles HQE													
Famille	Eco-construction			Eco-gestion				Confort				Santé		
Questions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Q1, Q2														
Q3,														
Q4 à Q13														
Q14 à Q16														
Q17														
Q18														

Document réponse DR3 : Impact environnemental

Estimation des besoins en énergie liés à la production d'eau chaude sanitaire :

Mois	T° extérieure (°C)	Rayonnement solaire (Wh/m² par mois)	T° eau froide (°C)	Besoin moyen en ECS (m³/jour)	Déperdition de distribution (kWh/mois)	Besoins nets liés à la conso d'ECS (kWh/mois)	Total des besoins (kWh/mois)
Janvier	6	1 440	9	5.95	1 190	8 096	9 290
Février	7	2 158	9	5.95	1 075	7 412	8 490
Mars	11	3 216	11	5.95	1 190	8 048	9 240
Avril	12	4 176	12	5.95	1 152	7 568	8 720
Mai	16	4 818	13	5.95	1 190	7 392	8 580
Juin	19	5 350	15	5.95	1 152	7 040	8 190
Juillet	20	5 373	16	5.95	1 190	6 864	8 050
Août	21	4 752	16	5.95	1 190	7 133	8 320
Septembre	18	3 960	15	5.95	1 152	7 040	8 190
Octobre	15	2 614	13	5.95	1 190	7 682	8 870
Novembre	9	1 704	11	5.95	1 152	7 744	8 900
Décembre	6	1 273	9	5.95	1 190	8 061	9 250
TOTAL ANNUEL (kWh/an)					14 016	90 080	104 100

Contribution des différentes sources d'énergie :

Mois	Total des besoins	Apports solaires		Apports des PAC	
	kWh/mois	kWh/mois	%	kWh/mois	%
Janvier	9290	3820	41	2030	22
Février	8490	3690	43	1880	22
Mars	9240	4940	53	2160	23
Avril	8720	5090	58	2100	24
Mai	8580	5970	70	2160	25
Juin	8190	6150	75	2050	25
Juillet	8050	6080	76	1970	24
Août	8320	6280	75	2040	25
Septembre	8190	6010	73	2160	26
Octobre	8870	5490	62	2200	25
Novembre	8900	4160	47	2040	23
Décembre	9260	3790	41	2030	22
Total	104100	61470	....	24820	....

→ Énergie annuelle complémentaire à fournir par l'appoint :

→ Économies annuelle réalisée sur les rejets de CO₂ grâce à la solution Heliopac par rapport à une solution faisant uniquement appel à des chaudières gaz :

		Énergie utile requise	Énergie produite	Émission de CO ₂	Total des émissions de CO ₂
		kWh/an	kWh/an	Kg CO ₂ /kWh	T CO ₂ /an
Solution Heliopac + appoint gaz	Pompe à chaleur	/	.....	.....	.....
	Appoint gaz	.....	.....	.....	.....
Solution intégrale gaz		.....	.....	.....	.....
		Économie annuelle en rejet de CO ₂ (T CO ₂ /an)			.....

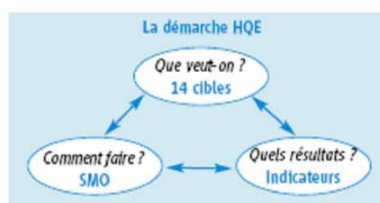


Pour des bâtiments sains, confortables et respectueux de l'environnement La démarche HQE



Qu'est-ce que la démarche HQE ?

La démarche HQE vise à améliorer la qualité environnementale des bâtiments neufs et existants, c'est-à-dire à offrir des ouvrages sains et confortables dont les impacts sur l'environnement, évalués sur l'ensemble du cycle de vie, sont les plus maîtrisés possibles. C'est une démarche d'optimisation multicritère qui s'appuie sur une donnée fondamentale : un bâtiment doit avant tout répondre à un usage et assurer un cadre de vie adéquat à ses utilisateurs.



La démarche HQE comprend trois volets indissociables :

- Un système de management environnemental de l'opération (SME) où le maître d'ouvrage fixe ses objectifs pour l'opération et précise le rôle des différents acteurs.
- 14 cibles qui permettent de structurer la réponse technique, architecturale et économique aux objectifs du maître d'ouvrage.
- Des indicateurs de performance

Ces trois volets constituent le référentiel générique de la démarche HQE formalisé dans trois documents normatifs : les normes NF P01-020-1 et XP P01-020-3 et le guide d'application (GA) P 01 030.

Principes de la démarche HQE :

- Les objectifs sont fixés par le maître d'ouvrage dans le cadre de son programme.
- Le système de management permet de mobiliser l'ensemble des acteurs pour atteindre les objectifs.
- Aucune solution architecturale et technique n'est imposée : le choix est justifié et adapté au contexte.
- La création d'un environnement intérieur sain et confortable tout en limitant les impacts environnementaux est recherchée.
- Les performances sont évaluées.

Dans une démarche HQE, peut-on traiter seulement quelques cibles ?

Non, l'ensemble des 14 cibles doit être pris en compte. Leur niveau de performance dépend du contexte, des ambitions du maître d'ouvrage et de l'économie globale du projet.

La démarche HQE et ...

- ...la biodiversité

Elle est une composante importante de la démarche HQE et est notamment traitée dans la cible 1.

- ... la performance énergétique

Cet enjeu est couvert par la cible 4 qui est calée sur les labels réglementaires de performance énergétique. Le niveau minimal exigé par la démarche HQE va donc nécessairement au-delà du niveau réglementaire applicable. D'ores et déjà, les bâtiments appliquant la démarche HQE doivent être au niveau du label BBC et certains projets revendiquent même d'être des bâtiments à énergie positive.

- ... l'international

La démarche HQE est le fruit d'un travail collectif d'acteurs français adapté au contexte du marché du bâtiment de l'hexagone (réglementation importante, multiplicité d'acteurs,...). Pour autant, ses principes et ses outils sont utilisables, moyennant adaptation, sous toutes les latitudes.

Les 14 cibles de la démarche HQE

ECO-CONSTRUCTION

1. Relations des bâtiments avec leur environnement immédiat
2. Choix intégré des procédés et produits de construction
3. Chantier à faibles nuisances

ECO-GESTION

4. Gestion de l'énergie
5. Gestion de l'eau
6. Gestion des déchets d'activité
7. Gestion de l'entretien et de la maintenance

CONFORT

8. Confort hygrothermique
9. Confort acoustique
10. Confort visuel
11. Confort olfactif

SANTÉ

12. Qualité sanitaire des espaces
13. Qualité sanitaire de l'air
14. Qualité sanitaire de l'eau

Mars 2010

Document technique DT2 - Article de presse sur le centre nautique

« L'espace de 1 480m² ouvre sur le jardin et offre une vue sur la ligne des Pyrénées

Sur le solarium extérieur, les baigneurs sont à l'abri des regards depuis la chaussée.

La piscine des Hauts de Bayonne est intégrée au plus près du paysage, tout en produisant un bâtiment « qui a de l'allure ».

Ce centre aquatique est adossé aux courbes du terrain. Une forme douce de coque, qui suit l'allée de platanes, et le toit végétalisé ne crée pas de rupture avec la partie habitée du quartier.

L'insertion dans l'environnement va jusqu'à inclure un vieux platane dans la plage d'agrément, lieu de refuge ombragé pour les baigneurs l'été après une séance de bronzage sur le solarium orienté plein sud.

Avec un bassin de 850 m² et huit couloirs de 25 m, un bassin éducatif de 150 m² et une lagune de jeux de 60 m², la nouvelle piscine propose l'offre classique de l'équipement aquatique d'une grande ville.

L'originalité réside dans le choix des matériaux, dont le grand bassin réalisé en inox, et le confort acoustique assuré par un mélange de panneaux en bois au plafond et de cellules végétalisées, tels des jardins suspendus, dans la paroi entre le bassin et les vestiaires.

Le versant environnement du centre aquatique est aussi dans ce qui ne se voit pas : la récupération des eaux pluviales, la production de 50 % de l'eau chaude sanitaire grâce à 70 m² de panneaux solaires thermiques, une pompe à chaleur réversible de 275 kilowatts, et l'utilisation de la chaleur de l'eau de débordement pour le chauffage.

La piscine utilise du pin épicéa, sapin des Vosges comme bois de construction, du lamellé-collé pour la charpente, des poteaux ronds en bois, et du bois composite pour les lames du solarium.

Enfin, les deux-tiers des entreprises qui ont réalisé la piscine sont du Pays basque ou des Pyrénées-Atlantiques. » (Extrait du journal Sud-Ouest)



Photo 1 : espace baignade

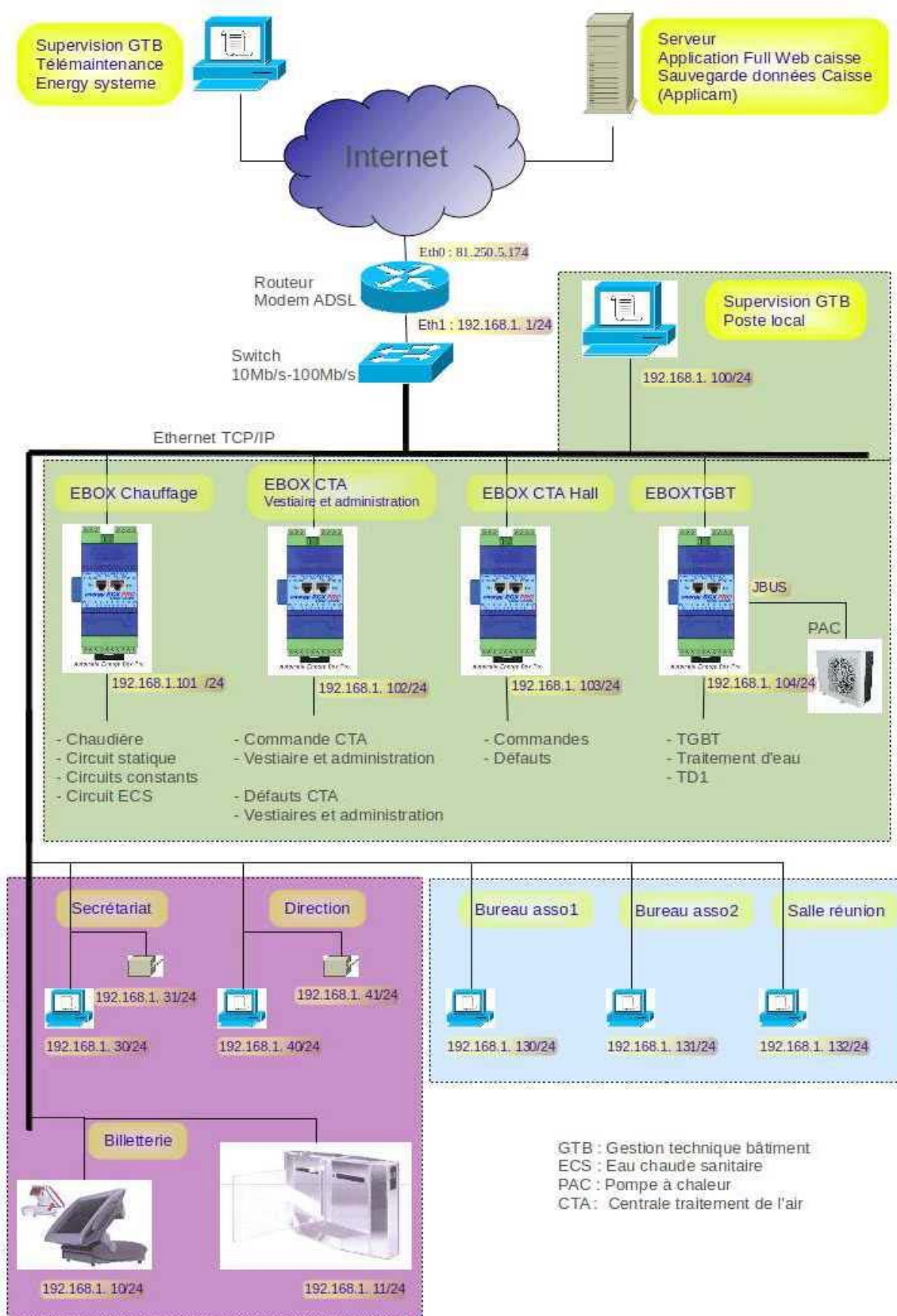


Photo 2 : cellule végétalisée dans les parois

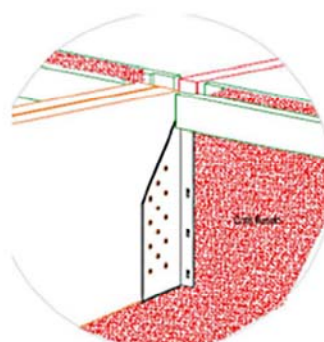
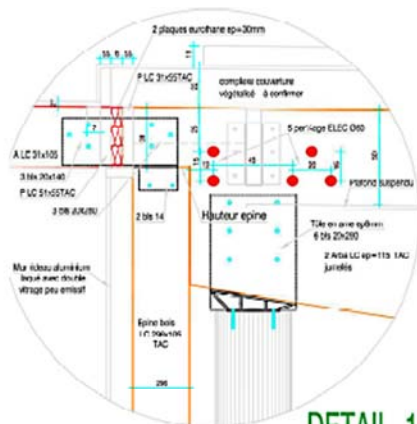
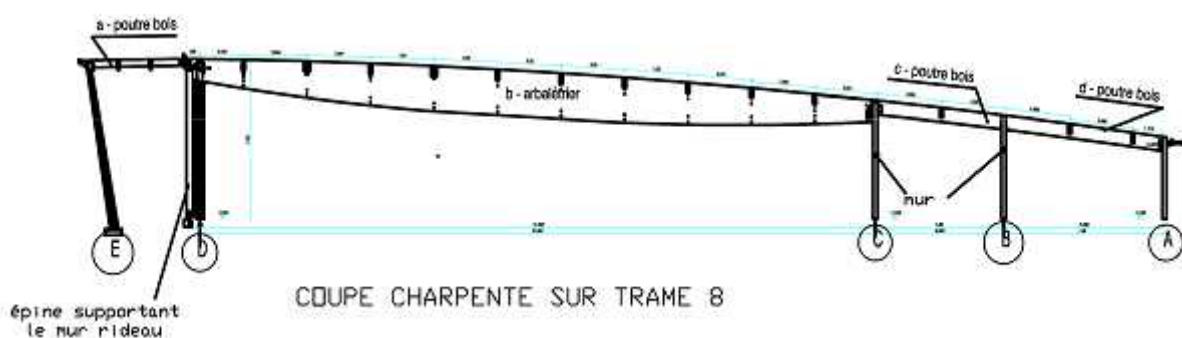
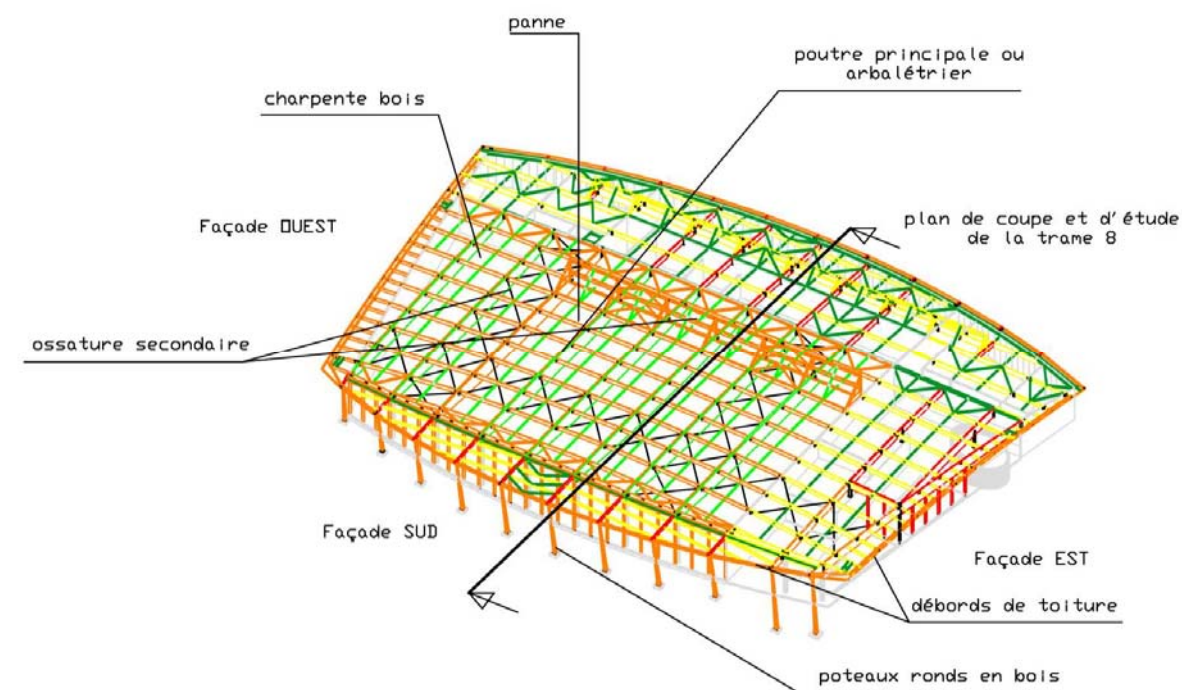


Photo 3 : bassin sportif

Document technique DT3 - Structure du réseau informatique

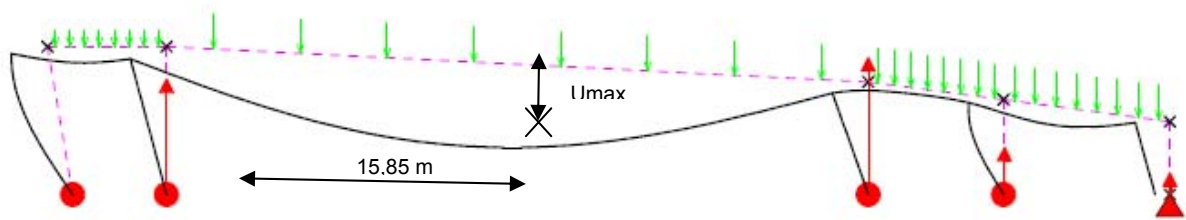


Document technique DT4 - Structure porteuse



Document technique DT5 - Formulaire

Déformation maximale de l'arbalétrier



Sous l'action de ce chargement, la déformation maximale, appelée aussi flèche et notée u_{max} , située à 15,85 m du nœud 4, est donnée par la relation

$$U_{max} = 1.62 \times 10^{-2} \times \left(\frac{P2 \times L^4}{E \times I} \right)$$

Avec :

E : module de Young du matériau constitutif de la poutre (b), en MPa

Bois Lamellé collé : E = 10 000 MPa

Acier de construction : E = 210 000 MPa

I : inertie de la section de la poutre (b), en m^4

Rappel :
$$I = \frac{b \times h^3}{12}$$

b et h étant respectivement la largeur et la hauteur de la poutre

P2 : charge appliquée dans la poutre (b), en N/m

L : portée de la poutre (b), en m

U_{max} : flèche maximale de la poutre (b) en m

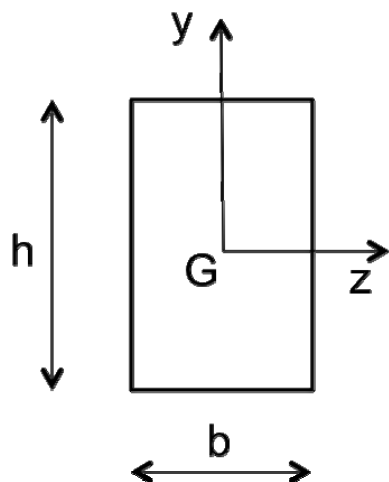
Critère de flèche :

Les règlements de la construction imposent une valeur limite à cette flèche :

- cas du bois lamellé collé : $U_{max} \leq L/250$
- cas de l'acier de construction : $U_{max} \leq L/200$ (L est la distance entre appuis de la poutre).

Document technique DT6 - Catalogue de matériaux

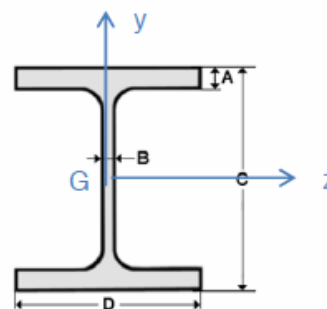
Poutre en bois lamellé – collé



Poutre	b (en mm)	h (en mm)	I_{Gz} (en cm ⁴)
LC 60 X 100	60	100	500
LC 80 X 200	80	200	5333
LC 100 X 400	100	400	53333
LC 150 X 800	150	800	640000
LC 150 X 1200	150	1200	2160000
LC 200 X 1500	200	1500	5625000
LC 230 X 2000	230	2000	15333333

Poutre en acier

Poutre HEA	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	I_{Gz} (en cm ⁴)
HEA 400	19	11	390	300	45069
HEA 500	23	12	490	300	86975
HEA 600	25	13	590	300	141208
HEA 700	27	14,5	690	300	215301
HEA 800	28	15	790	300	303442
HEA 900	30	16	890	300	422075



Analyse des matériaux

	Moment quadratique satisfaisant le critère de flèche(en cm ⁴)	Section poutre (en cm ²)	Esthétique (rendu visuel)	Énergie grise (**)
Lamellé collé 230 mm x 2000 mm	15 333 333	4600	++	2 200 kwh/m ³
Acier HEA 900	422 075	320.5	+	60 000 kwh/m ³

(**) Il s'agit d'une énergie moyenne nécessaire à la fabrication de ces matériaux de construction.
(Rappel : 10 kWh = 1 litre de mazout)

Document technique DT7 - Bassin de nage en inox – modélisation

Bassin de nage inox. Mo-
délisation logicielle. Résul-
tats des calculs

Figure 1 : composantes des
actions s'exerçant sur les plat-
ines de fixation

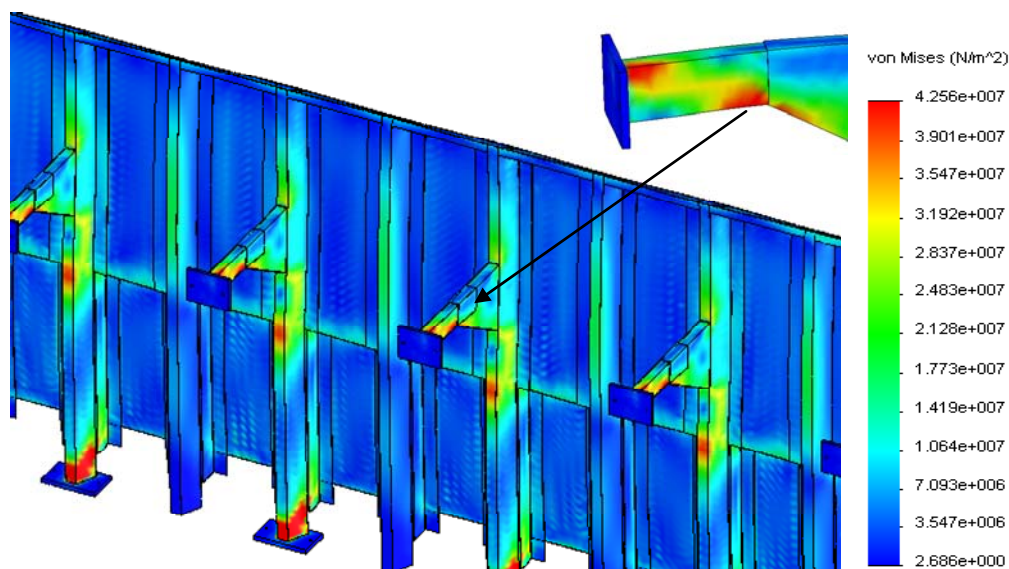
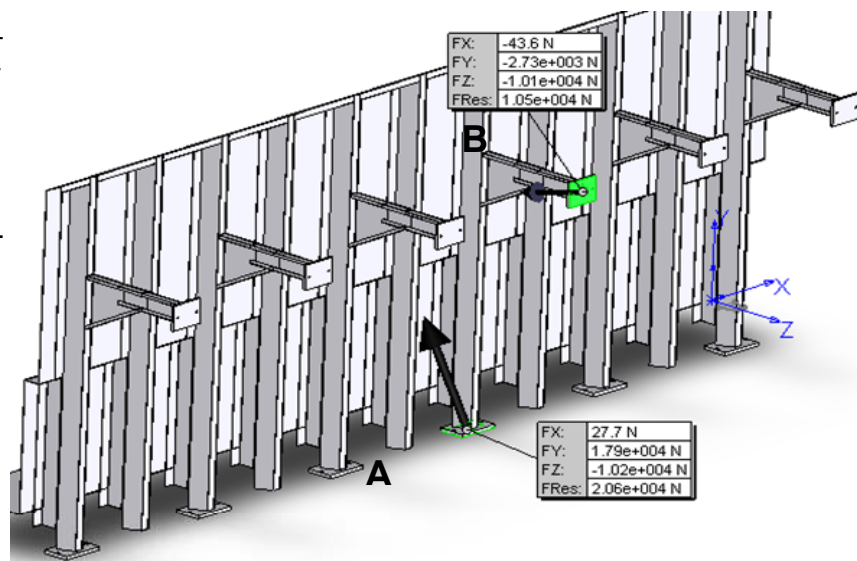


Figure 2 : Résultats des calculs de la contrainte σ sur la structure

Limite élastique du matériau :
 $R_E = 1,45 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

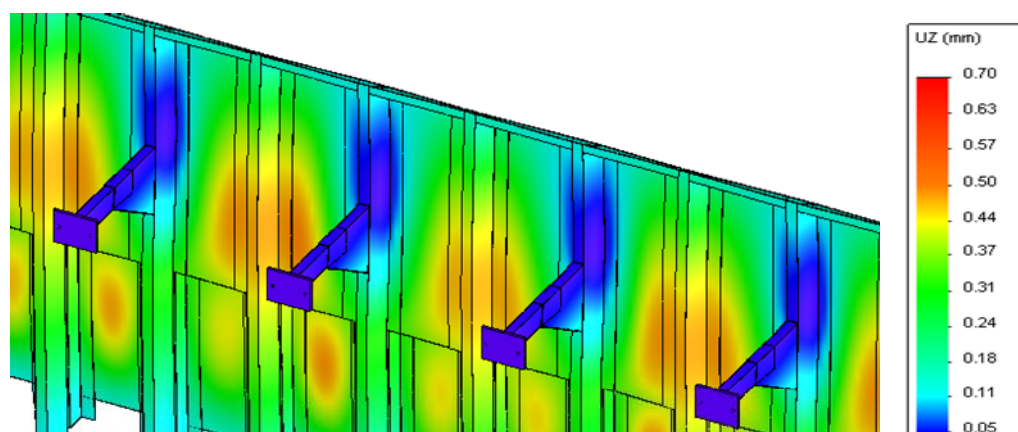
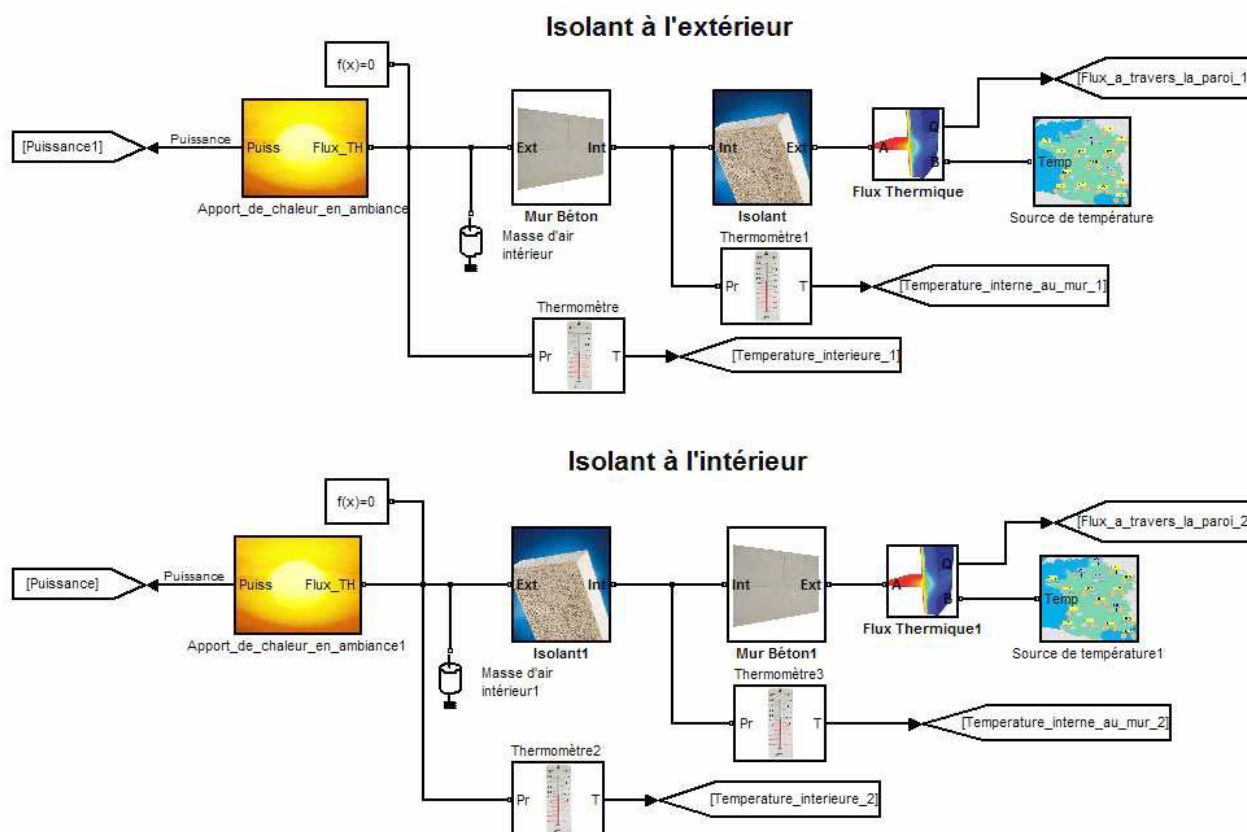


Figure 3 : Résultats des calculs du déplacement U_z sur la structure

Document technique DT8 - Isolation des parois - Modélisation



Extrait de la revue Info Ciment :

« L'inertie thermique d'un bâtiment est sa capacité à stocker de la chaleur ou de la fraîcheur dans ses murs et ses planchers.

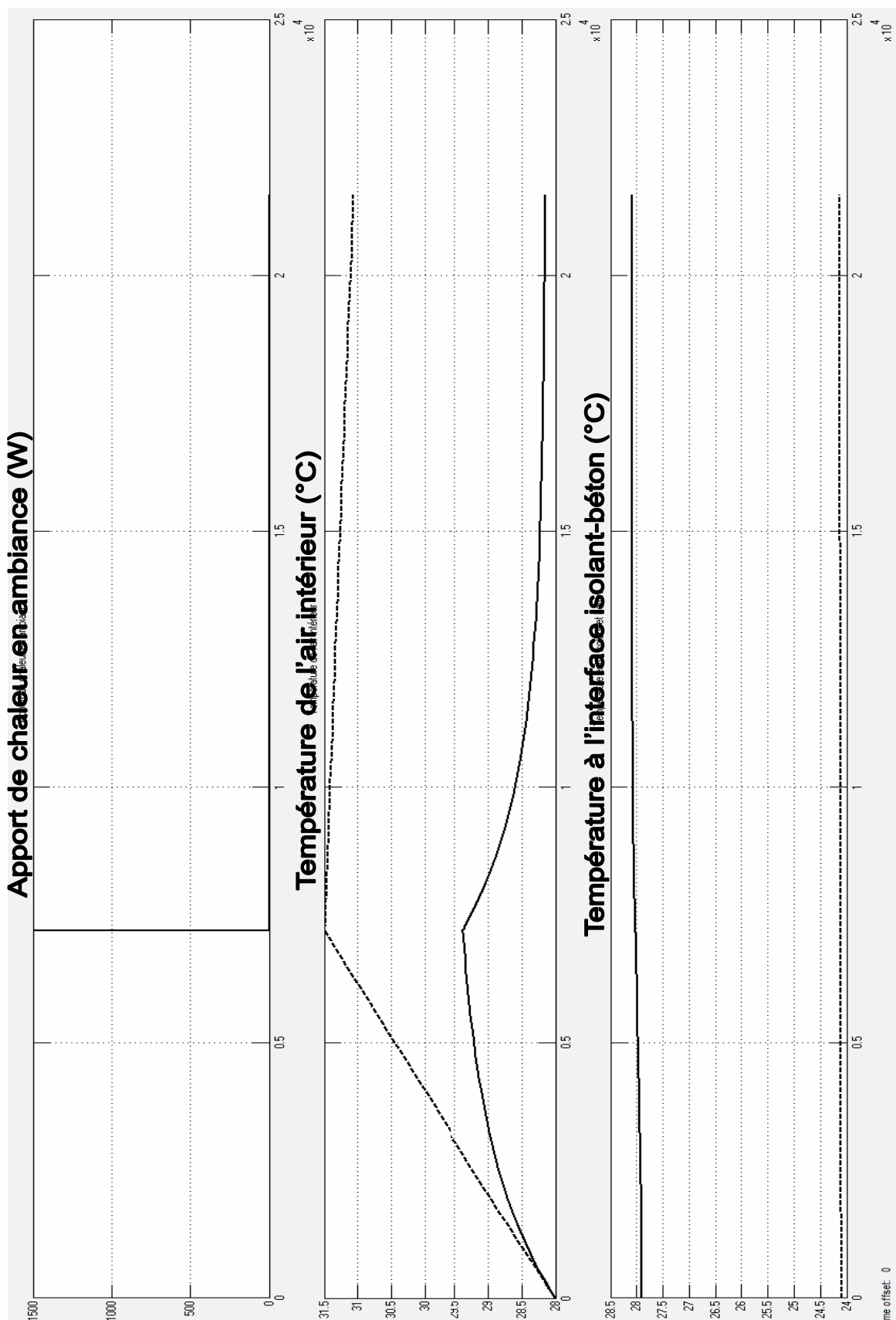
Une des préoccupations majeure d'un concepteur est d'offrir un bâtiment bien isolé assurant au moindre coût le confort de son utilisateur aussi bien en hiver qu'en été. L'isolation thermique n'apporte cependant pas seule tout le confort espéré, un autre facteur entre en ligne de compte : l'inertie thermique de la construction, qui joue à la fois un rôle de stockage et de régulation. En effet, plus l'inertie d'un bâtiment est forte, plus il se réchauffe et se refroidit lentement.

Des expérimentations ont montré que plus les murs sont épais et les matériaux sont lourds, plus l'inertie est grande. Avec le béton, l'habitation bénéficie d'un maximum d'inertie thermique.

En plus des économies d'énergie réalisées, les parois lourdes participent au confort d'hiver comme d'été en créant les pointes de température. En hiver, le béton absorbe la chaleur de la journée et la restitue la nuit, par conduction.

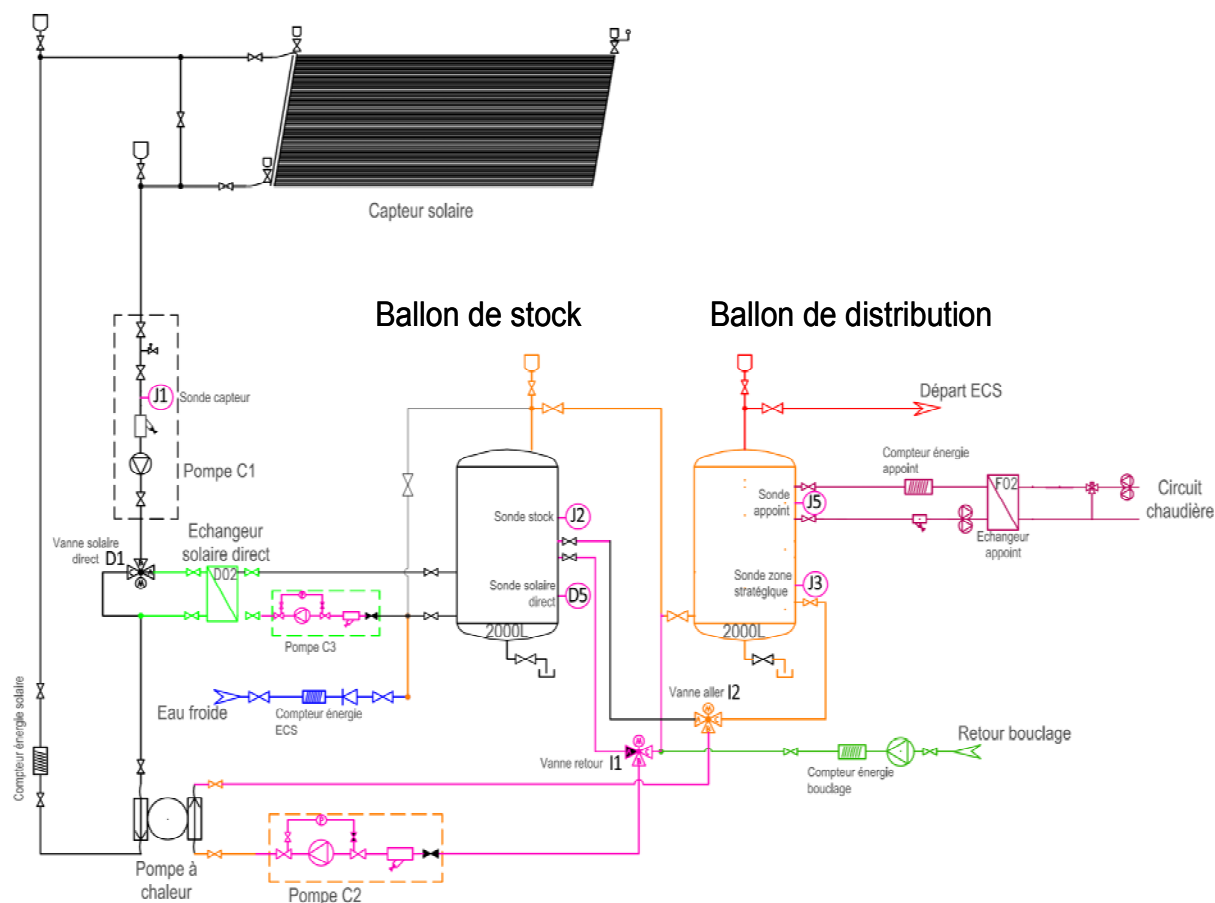
Pendant l'été, le béton accumule la fraîcheur de la nuit et peut ainsi faire baisser la température de 3 à 4 degrés.

La maison béton reste fraîche et agréable pour ses occupants en évitant les surchauffes pendant la journée. »



Document technique DT10

Schéma de principe du système Héliopac



Le captage de l'énergie

Le système Héliopac® est un système performant de production d'eau chaude sanitaire.

En associant un capteur solaire non vitré à une pompe à chaleur eau/eau, ce système limite efficacement les consommations d'énergie et les rejets de CO₂.

Le capteur solaire non vitré couvre une surface de 50 m en toiture. Il capte l'énergie rayonnée par le soleil et la transmet à l'eau chaude sanitaire à travers un échangeur à plaque.

La pompe à chaleur eau-eau récupère de la chaleur sur le circuit solaire tant que la température de l'eau dans le capteur solaire est supérieure à -5°C. L'énergie gratuite continue à être exploitée en l'absence d'ensoleillement et même la nuit !

Le stockage de l'énergie :

L'eau chaude sanitaire est stockée dans 2 ballons de 2 000 litres raccordés en série.

Un jeu de vannes trois voies motorisées (I1 et I2) permet de faire travailler en priorité les pompes à chaleur sur le ballon de distribution (celui qui est en aval) jusqu'à ce que ce ballon atteigne 55°C (mesurée par la sonde J3) avant de venir réchauffer le ballon de stock (celui qui est en amont).

La régulation porte régulièrement le volume d'eau stockée à une température de 60°C à titre de traitement antibactérien.

L'appoint en énergie :

L'appoint est réalisé par une chaudière gaz à travers un échangeur à plaques travaillant sur le haut du ballon de distribution.

Le système d'appoint est réglé sur une consigne maximale de 55°C.

Document technique DT11 - Capteur solaire Héliopac – Simulation

