**Éric Brottier**
Ingénieur des Arts et Métiers
Technicien-Conseil pour le Ministère de la Culture
09, Rue de Louvois
51150 BOUZY
✆ *03 26 58 45 60*
brottier.eric@sfr.fr

| | |
|---|---|
| Région : | PACA |
| Commune : | NICE |
| Édifice : | Cathédrale Sainte Réparate |
| Instrument : | Orgue de tribune |
| Nature de l'opération : | Relevage et modernisation de l'orgue |
| Phase : | Descriptif et diagnostic de l'orgue |
| Date : | Juillet 2022 |

# Annexe au CCTP, descriptif et diagnostic de l'orgue

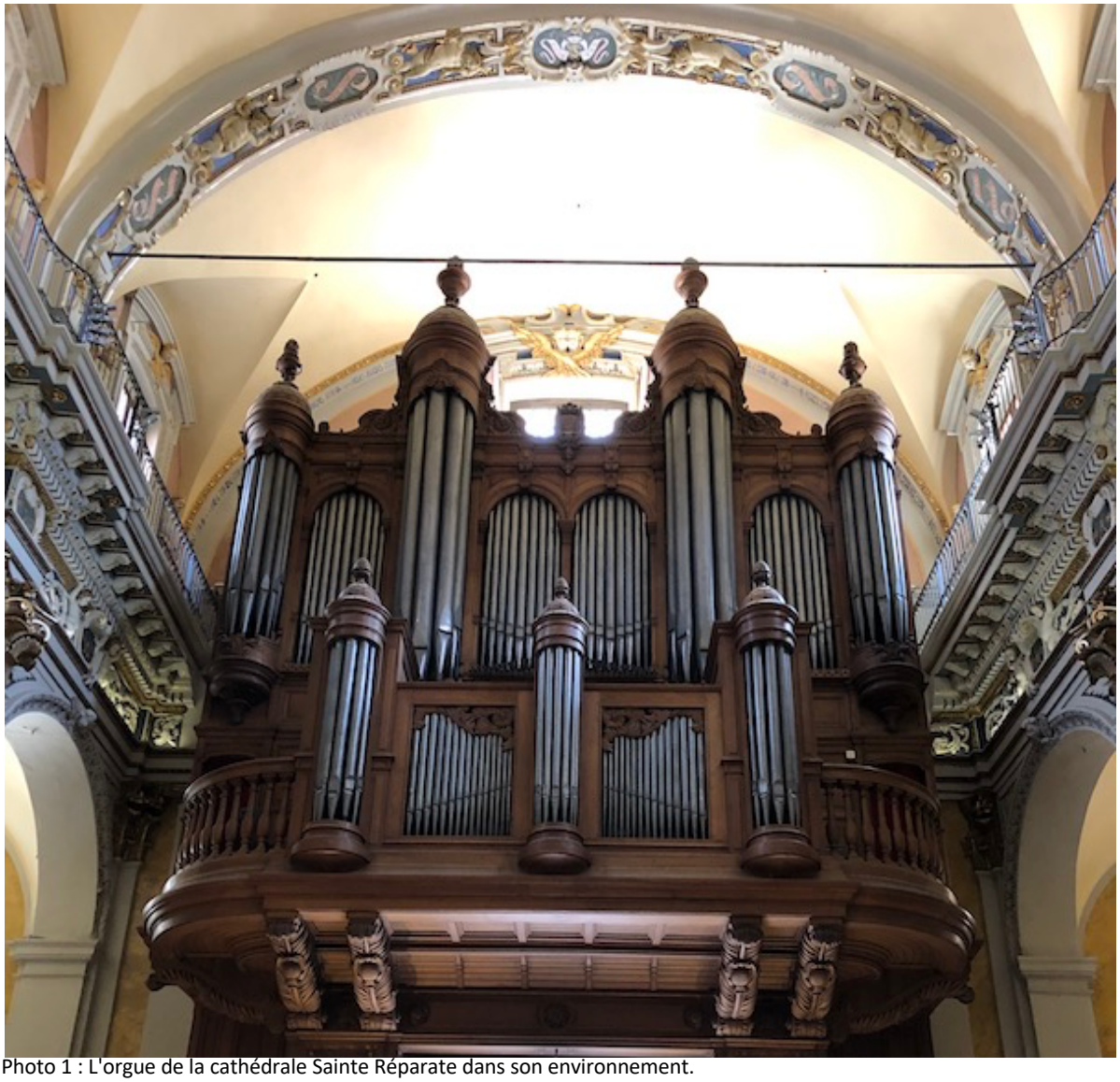


Photo 1 : L'orgue de la cathédrale Sainte Réparate dans son environnement.

# Sommaire

**1. Disposition générale de l'instrument et diagnostic. ..... 1**
1.1. Buffet ..... 1
1.1.1. Description du buffet d'orgue. ..... 1
1.1.2. Diagnostic des buffets. ..... 2
1.2. Charpentes porteuses, coursives et boite expressive. ..... 3
1.2.1. Description générale. ..... 3
1.2.2. Diagnostic des charpentes ..... 5
1.3. Alimentation en vent ..... 6
1.3.1. Turbine ..... 6
1.3.2. Réservoirs. ..... 7
1.3.3. Analyse critique du fonctionnement de ce type de réservoir ..... 8
1.3.4. Régulation. ..... 10
1.3.5. Porte-vent ..... 12
1.3.6. Diagnostic de l'alimentation. ..... 12
1.3.7. Travaux à prévoir sur l'alimentation : ..... 13
1.4. Traction des notes, console. ..... 15
1.4.1. Description générale ..... 15
1.4.2. Le manque de rigidité de la traction mécanique. ..... 17
1.4.3. La dureté de la traction mécanique. ..... 18
1.4.4. Console : traction des notes. ..... 20
1.4.5. Travaux à prévoir sur la console ..... 23
1.4.6. Diagnostic de la traction des notes. ..... 23
1.4.7. Travaux à envisager sur la mécanique des notes. ..... 24
1.5. Traction des jeux, combinateur ..... 25
1.5.1. Console : commande des jeux ..... 25
1.5.2. Redresseurs. ..... 26
1.5.3. Circuits de commande, câblage. ..... 26
1.5.4. Les actionneurs. ..... 27
1.5.5. Le combinateur. ..... 29
1.5.6. Diagnostic de la traction des jeux. ..... 30
1.5.7. Travaux à prévoir sur la traction des jeux et le combinateur ..... 31
1.6. Variante : tirage de jeux de type pneumatique. ..... 34
1.7. Câblage électrique général ..... 35
1.7.1. Câblage de l'alimentation des turbines ..... 35
1.7.2. Câblage des éclairages de l'orgue ..... 36
1.7.3. Câblages divers ..... 36
1.8. Sommiers. ..... 37
1.8.1. Grand orgue ..... 37
1.8.2. Récit ..... 38
1.8.3. Positif ..... 38
1.8.4. Écho ..... 38
1.8.5. Pédale ..... 38
1.8.6. Sommiers de basses. ..... 38
1.8.7. Diagnostic des sommiers. ..... 40
1.8.8. Travaux préconisés sur les sommiers. ..... 40
1.9. La tuyauterie. ..... 42
1.9.1. Détail de la tuyauterie. ..... 42
1.9.2. Diagnostic de la tuyauterie. ..... 51
1.9.3. Harmonie et accord. ..... 52
1.9.4. Travaux à envisager sur la tuyauterie. ..... 52

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

# Table des photographies

Photo 1 : L'orgue de la cathédrale Sainte Réparate dans son environnement. ..... I
Photo 2 : L'orgue de Martella avant la reconstruction de 1974 ..... 1
Photo 3 : Le positif Boisseau, érigé en 1974 ..... 1
Photo 4 : Attaques de xylophage dans le soubassement du côté gauche de la console (Sud) ..... 2
Photo 5 : Attaques de xylophages dans le soubassement du côté droit (Nord) ..... 3
Photo 6 : État des tuyaux du jeu de Cymbale au voisinage de la trappe d'accès à l'étage des tuyaux du Grand orgue ..... 5
Photo 7 : Turbines d'alimentation de l'orgue. ..... 7
Photo 8 : Vue du réservoir de pédale côté UT ..... 8
Photo 9 : Boite régulatrices du réservoir de positif et du réservoir primaire ..... 12
Photo 10 : Mécanique du plan d'Écho : abrégé et liaisons par fils aux sommiers ..... 17
Photo 11 : Arrière de la console de l'orgue : Mécanismes d'accouplements et tirasse et revers du tirage de jeu côté Ut. ..... 21
Photo 12 : Détail des fourchettes d'accouplement et tirasses : vue en bout et de profil ..... 21
Photo 13 : Moteurs linéaires de commande des accouplements et tirasses. ..... 22
Photo 14 : Vues générales de la console, avant et arrière ..... 25
Photo 15 : Pistons installés au niveau du pédalier ..... 25
Photo 16 : Électronique de commande du système de crescendo ..... 26
Photo 17 : Redresseurs Triphasés 380 AC-12V DC en service dans la traction actuelle des jeux ..... 26
Photo 18 : Exemple de prolifération anarchique des câbles au revers de la console ..... 27
Photo 19 : Groupe des moteurs de jeux du plan sonore de positif ..... 28
Photo 20 : Moteurs de jeux du sommier de pédale côté UT, de 1974 ..... 28
Photo 21 : Moteurs de jeux du plan de Positif et leur câblage de puissance. ..... 29
Photo 22 : Armoire électronique du combinateur actuel (8 combinaisons) ..... 30
Photo 23 : Exemple de solénoïdes de tirage de jeux (modèle anglais Taylor) ..... 32
Photo 24 : Exemple de piston avec ou sans fonction lumineuse (marque Heuss) ..... 32
Photo 25 : Exemple d'afficheur pour combinateur (Eltec) ..... 33
Photo 26 : exemple d'écran tactile intégré en tiroir ..... 33
Photo 27 : exemple de boutons de commande pour les combinaisons ..... 33
Photo 28 : Exemple de tirage de jeux par vérins pneumatiques avec servovalves de commande. (Orgue de Notre Dame de Paris). ..... 34
Photo 29 : Etat du système de démarrage avant travaux de mise en sécurité ..... 35
Photo 30 : Nouveau coffret de commande de démarrage des turbines ..... 35
Photo 31 : tableau de commande des éclairages internes à l'orgue, état antérieur et après travaux de août 2022 ..... 36
Photo 32 : Chemin de câbles et branchements divers au-dessus de la boite expressive du plan sonore de Récit ..... 36
Photo 33 : Exemple de câbles obsolète et de connexions hors normes. ..... 37
Photo 34 : Vue des soupapes d'un sommier de Grand orgue ..... 37
Photo 35 : Vue latérale de la laye du sommier de positif ..... 38
Photo 36 : Moteurs pneumatiques de basses, Bourdon 16 Grand orgue côté Ut ..... 39
Photo 37 : Bloc Moteur électrique de basses de Flûte 16, côté UT ..... 39
Photo 38 : Bloc Moteur électrique de Quinte 10'2/3 et basses de Flûte 4 ..... 39
Photo 39 : Fond de sommier du plan de Récit, côté basses UT ..... 40
Photo 40 : Vue générale de la tuyauterie du plan sonore de Grand orgue ..... 42
Photo 41 : Tuyaux et supports de chamade déposés ..... 44
Photo 42 : Vue générale de la tuyauterie du plan sonore de Positif. ..... 45
Photo 43 : Vue générale de la tuyauterie du plan sonore de Récit. ..... 47
Photo 44 : Vue d'ensemble du jeu de Cornet de Récit, posté hors boite expressive. ..... 48
Photo 45 : Vue générale de la tuyauterie du plan sonore d'Écho ..... 49
Photo 46 : Vues générale de la tuyauterie de Pédale, côté UT ..... 50

# Table des extraits graphiques

Extrait graphique 1 : Représentation 3D des charpentes porteuses en acier de la partie instrumentale de l'orgue ..... 4
Extrait graphique 2 : représentation 3D de l'alimentation : réservoirs et porte-vent. ..... 6
Extrait graphique 3 : Schéma de principe de fonctionnement d'un réservoir baquet à table flottante. ..... 7
Extrait graphique 4 : Mise en évidence des volumes mort et utile dans un soufflet à table flottante. ..... 9

Extrait graphique 5 : Modélisation mécanique de la table flottante d'un réservoir baquet ..... 10
Extrait graphique 6 : Méthode réduction du volume mort sur un soufflet existant. ..... 10
Extrait graphique 7 : Soufflet à table flottante avec régulation à rideau intégrée ..... 11
Extrait graphique 8 : Soufflet avec régulation à rideau en position fermée ..... 11
Extrait graphique 9 : Soufflet à table flottante : état actuel de la conception Boisseau ..... 14
Extrait graphique 10 : Soufflet modifié avec création d'un double pli et suppression du volume mort ..... 14
Extrait graphique 11 : Modification de la distribution du vent envisagée au clavier de positif ..... 15
Extrait graphique 12 : Représentation schématique des tracés de la mécaniques des notes pour les plans sonores manuels. ..... 16
Extrait graphique 13 : Illustration de la cinématique des accouplements. ..... 22
Extrait graphique 14 : Volume clos pour installer la console et l'ensemble des ses composants électroniques. ..... 23
Extrait graphique 15 : Coupe de principe d'un sommier avec caisson sous les gravures ..... 40
Extrait graphique 16 : Coupe d'un sommier avec antisecousses et électroaimant proportionnel ..... 41

# Annexes : Documents Graphiques

- Plans extraits de l'étude de Thierry Semenoux, 2013 :
  - ➢ Plan : 06NiceCathedraleOrgueElevationExterieure.pdf
  - ➢ Plan : 06NiceCathedraleOrgueCoupesElevationEtAxiale.pdf
  - ➢ Plan : 06NiceCathedraleOrgueCoupesEnPlanN1-N5.pdf

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

# 1. Disposition générale de l'instrument et diagnostic.

## 1.1. Buffet

### 1.1.1. Description du buffet d'orgue.

Le buffet se compose de :

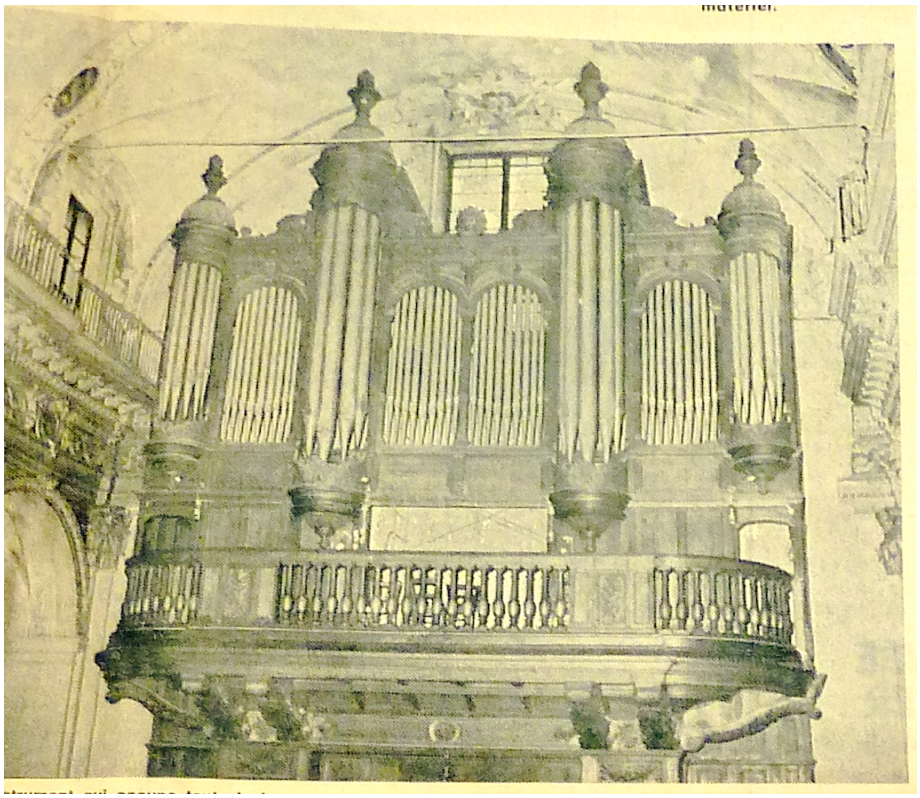


Photo 2 : L'orgue de Martella avant la reconstruction de 1974

- Un grand corps dessiné par l'architecte Vaudremer de Paris pour l'orgue de Florentin Martella, conforme à l'illustration ci-dessus.
- Un positif de dos installé par Boisseau lors de la reconstruction de l'orgue au cours des années 1970.

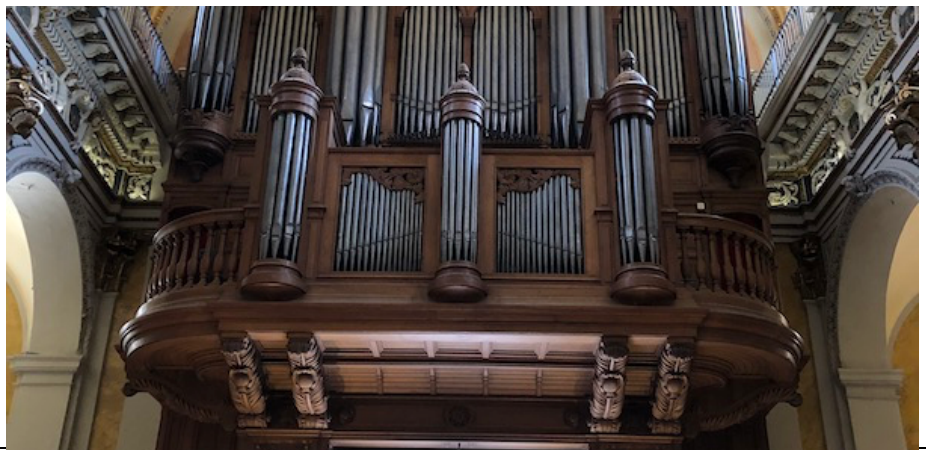


Photo 3 : Le positif Boisseau, érigé en 1974

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

Thierry Semenoux avait centré son étude sur la modification de ce positif dont les proportions apparaissent démesurées par rapport au grand buffet. Diverses simulations ont été établies par ses soins pour modifier les proportions du meuble de positif. Ces propositions resteront sans suite, pour des raisons budgétaires notamment et la volumétrie des buffet restera donc inchangée.

### 1.1.2. Diagnostic des buffets.

***Diagnostic archéologique :***

Sans objet pour le meuble de positif.

Pour le grand corps, la façade du buffet est conforme à l'état de 1901.

***Diagnostic sanitaire :***

État de conservation satisfaisant. On détecte des attaques de xylophages dans le soubassement du grand buffet, ce qui nécessitera un traitement approprié. Ces attaques restent néanmoins d'ampleur très limitée, localisées aux pièces en résineux à la base du buffet.



Photo 4 : Attaques de xylophage dans le soubassement du côté gauche de la console (Sud)

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.



Photo 5 : Attaques de xylophages dans le soubassement du côté droit (Nord)

Le buffet de 1901 est construit en chêne. L'attaque des xylophages porte essentiellement sur une traverse basse réalisée en sapin, le phénomène constaté n'est donc pas généralisé à l'instrument.

***Diagnostic fonctionnel :***

Les deux buffets assurent parfaitement leur fonction.

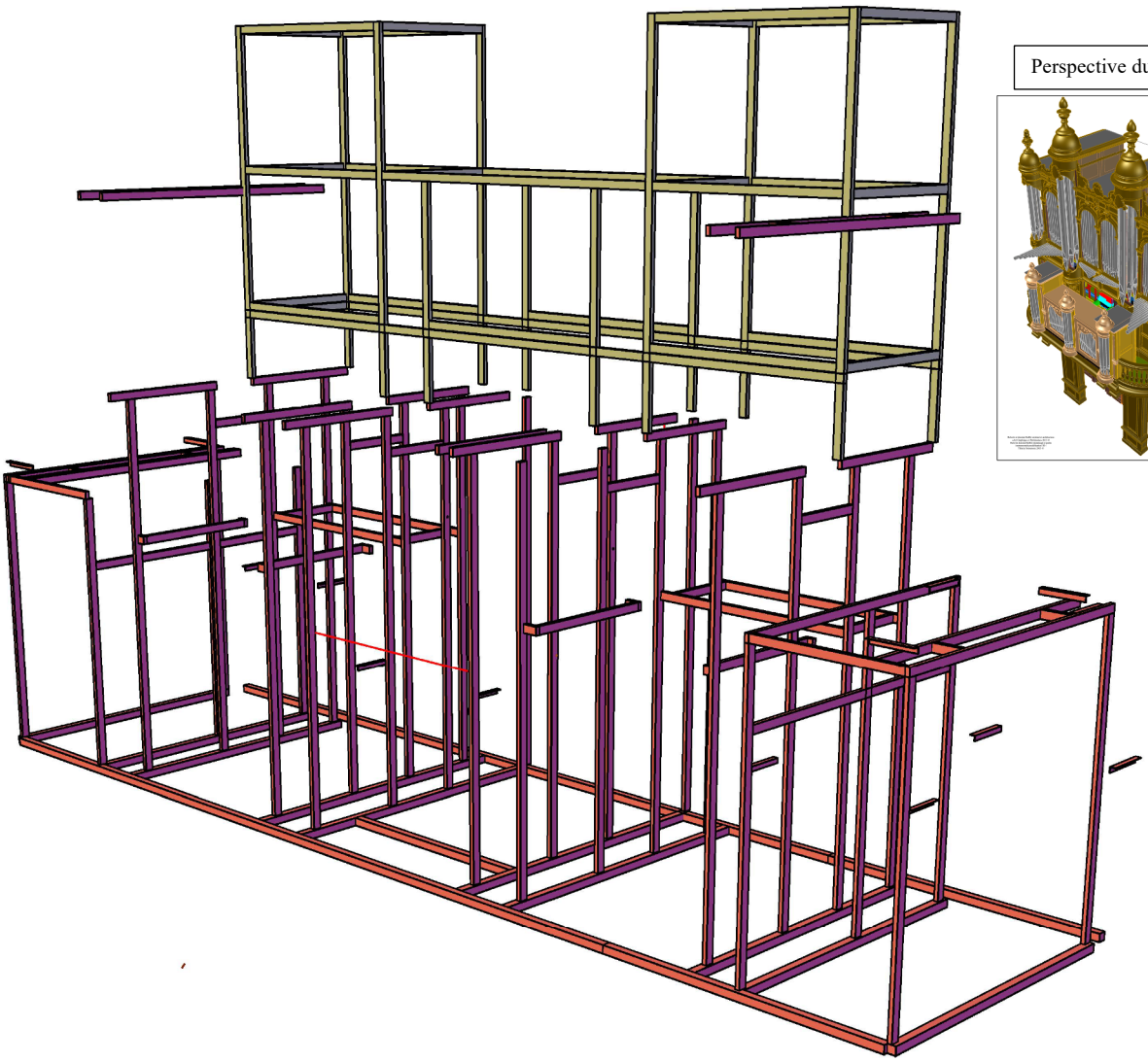
## 1.2. Charpentes porteuses, coursives et boite expressive.

### 1.2.1. Description générale.

Les charpentes sont de type mixte, en bois et profilés d'acier. Les parties en bois sont issues de la charpente de l'orgue de 1901 et constituent l'ossature du buffet d'orgue, en chêne et sapin. Les charpentes intérieures sont de Boisseau en tubes d'acier assemblés par soudage et boulonnage.

Cette charpente est conçue par plans sonores et architecturent complètement l'ensemble de la structure instrumentale ainsi que le met en évidence l'extrait graphique suivant :

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.




Extrait graphique 1 : Représentation 3D des charpentes porteuses en acier de la partie instrumentale de l'orgue

La boite expressive du plan sonore de récit représentée en vert sur l'extrait graphique ci-dessus est construite en panneaux de particules montées sur cadres en acier.

Les lames mobiles de la boite expressive ont une efficacité dégradée sur l'expression qu'elles doivent permettre de rendre au plan sonore en raison de l'usure des garnitures.

L'échelle d'accès à l'étage de la tuyauterie desservant l'étage de la tuyauterie du grand buffet est télescopique et se range en position haute avec un système de corde.

Les planchers de circulation sont en contreplaqué. L'ensemble est peint en couleur grise.

En raison de l'étroitesse des planches d'accord derrière les sommiers de Grand orgue, les conditions d'accès à l'étage sont délicates et les tuyaux du jeu de Cymbale placés au niveau de la porte d'accès sont endommagés. Il sera nécessaire de placer à cet endroit un écran de protection des tuyaux de Cymbale.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.



Photo 6 : État des tuyaux du jeu de Cymbale au voisinage de la trappe d'accès à l'étage des tuyaux du Grand orgue

### 1.2.2. Diagnostic des charpentes

***Diagnostic archéologique :***

État de 1974.

***Diagnostic sanitaire :***

État satisfaisant.

***Diagnostic fonctionnel :***

Correct pour les charpentes et coursives. La boite expressive doit être rendue étanche.

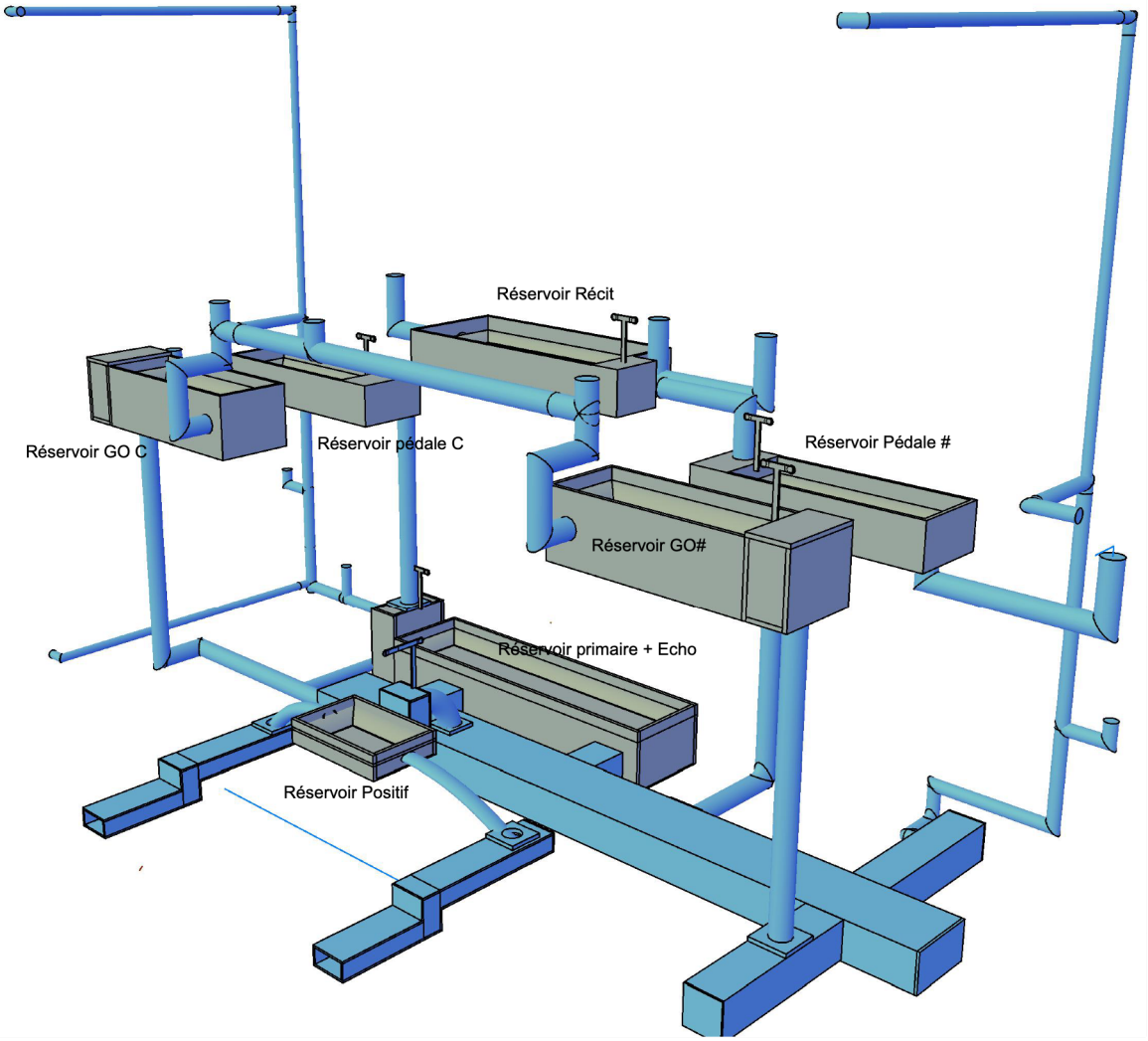
Sécurité vis-à-vis de la tuyauterie en regard : Les panneaux d'accès dans la boite expressive sont difficiles à déposer faute de de poignées de préhension qu'il faudra en conséquence prévoir d'installer.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

## 1.3. Alimentation en vent

Chaque plan sonore est alimenté en air sous pression à une pression indépendante. Il y a donc autant de réservoirs et de régulateurs de pression que de plans sonores soit 7 au total répartis sur les plans sonores.

Disposition générale de l'alimentation :




Perspective du dessin :



Extrait graphique 2 : représentation 3D de l'alimentation : réservoirs et porte-vent.

Le schéma synoptique de cette alimentation a été établi.

### 1.3.1. Turbine

L'air sous pression est fourni par deux turbines installées en parallèle à l'entrée du circuit de vent.

Le vent est fourni par deux ventilateurs Laukhuff installés par le facteur d'orgue François Delangue.

Caractéristiques :

2800 trs/mn, puissance 0,74 kW chacune.

Pression de sortie : 120 mm C.E.

Débit nominal par turbine : 21 m3/mn. Donc débit nominal global : 42 m3/mn.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

Les deux ventilateurs sont installés dans des caisses insonorisées (fabrication Laukhuff) posées l'une sur l'autre. Liaison à la boite régulatrice par manchon souple insonorisé.

Boite régulatrice par boite à rideau (modèle Laukhuff 7 600 04).

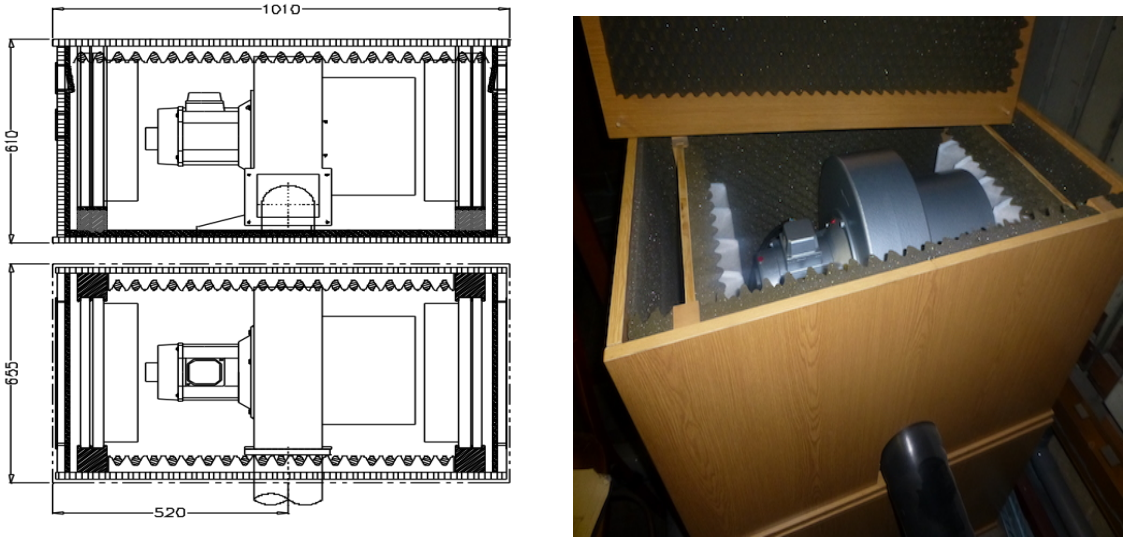
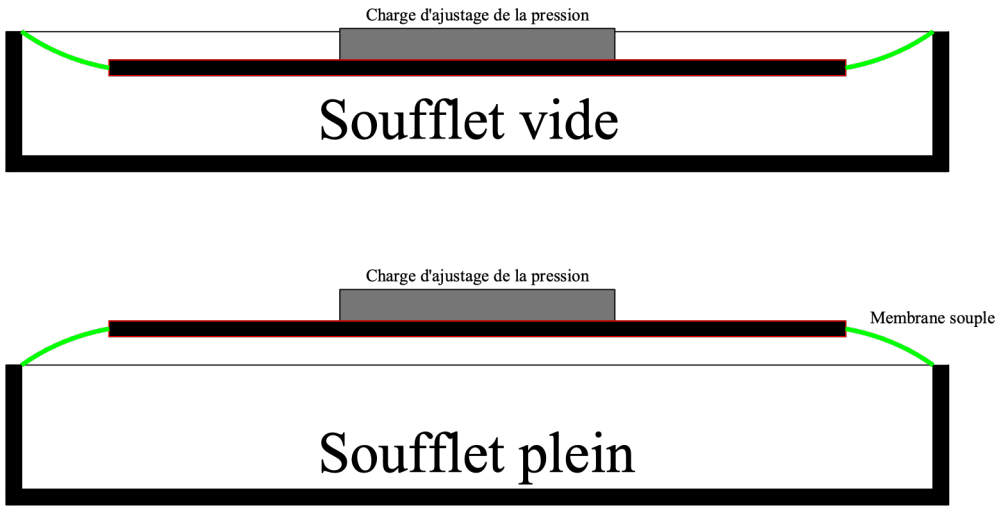



Photo 7 : Turbines d'alimentation de l'orgue.

### 1.3.2. Réservoirs.

Les réservoirs sont constitués de bacs à table flottante. Ces réservoirs sont tous dotés d'une boite régulatrice intégrée à l'exception du bac primaire doté de la boite modèle Laukhuff 7 600 04 citée plus haut.

Le principe d'un réservoir à table flottante est le suivant :




Extrait graphique 3 : Schéma de principe de fonctionnement d'un réservoir baquet à table flottante.

Ces bacs ont une forme oblongue, ils sont construits en bois exotique (sipo ou acajou) et de contreplaqué de 20 mm d'épaisseur.

La table supérieure mobile est sustentée sur le matelas d'air sous pression contenu dans le bac : la table « flotte » en quelque sorte et monte jusqu'à la hauteur maximale de course liée aux dimensions des membranes qui assurent l'étanchéité du système tout en soutenant la table. La pression est déterminée par la charge posée sur la table flottante.

A noter qu'il existe normalement des cales, non représentées sur ces schémas qui soutiennent la table lorsque l'orgue est hors service, pour éviter que les membranes n'aient à supporter le poids important de la table et de sa charge, ce qui solliciterait excessivement ces membranes en traction et pourrait soit entrainer des déchirures, soit une usure accélérée.



Les membranes sont constituées de peaux de couleur blanche et de toiles étanches caoutchoutées de couleur grise. En l'occurrence, les réalisations dans l'orgue mixent les deux types de matériaux avec de la peau pour les angles.

D'une façon générale, les toiles sont en bon état à l'inverse des peaux qui sont pour la plupart crevées et dotées de rustines.

Photo 8 : Vue du réservoir de pédale côté UT

### 1.3.3. Analyse critique du fonctionnement de ce type de réservoir.

L'intérêt des réservoirs à table flottante tient en premier lieu à son mode de construction économique. La réalisation d'une table flottante avec des membranes est bien plus économique que de réaliser des éclisses en bois avec des peaux faisant charnière entre les éclisses. Il n'y a pas de parallélogramme de régulation comme il en existe dans les soufflets conventionnels à tables parallèles et à doubles plis.

Ce type de réservoir était très en vogue au cours des années 1960-70 et certains facteurs d'orgues les utilisent encore dans certaines réalisations d'aujourd'hui.

Cependant, à la suite de l'expérience acquise en matière de qualité de vent sur l'harmonie des instruments, ce type de réservoir est largement critiqué par les facteurs d'orgues pour le manque de vivacité du vent qui résulte de ce mode de construction.

D'une part, la stabilité de l'accord peut être très altérée lorsque la consommation de vent instantanée est susceptible d'être saccadée, ce qui se produit fréquemment dans la musique à caractère symphonique.

D'autre part, le manque de vivacité est en relation directe avec la dynamique sonore et l'attaque des tuyaux, qui sont des éléments déterminants sur la qualité sonore de l'orgue.

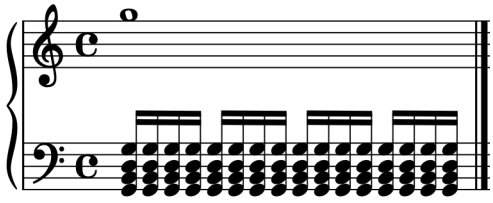
© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

C'est pourquoi les facteurs d'orgues qui ont une véritable exigence de qualité à l'égard des performances du vent délivré par les soufflets d'un orgue sont généralement revenus de ce mode de construction et réalisent aujourd'hui des réservoirs à doubles plis compensés qui délivrent une pression d'alimentation plus stable.

La notion de « vivacité » inclut en termes de performances, le fait que lorsque le réservoir doit répondre à un appel d'air important, le réservoir doit pouvoir délivrer instantanément un air stable, c'est-à-dire à une pression aussi constante que possible, sans phénomène de retard dû à la consommation.

Pour mettre en évidence les défauts de stabilité du vent, un test de jeu au clavier peut être effectué. Il correspond à plaquer des accords répétés sur les basses du clavier tout en tenant une note dans l'aigu du clavier. On apprécie auditivement l'amplitude avec laquelle le son de la note aigue tremble à la fréquence des accords répétés dans la basse.

L'illustration musicale de ce type d'essai peut être ainsi notée :



> Nous avons réalisé des essais sur les quatre claviers de l'orgue et sur différents mélanges de jeux. Le résultat auditif nous conduit sans surprise à observer une instabilité de la note tenue, mais cette instabilité reste relativement limitée. C'est pourquoi nous estimons que ce système reste viable d'autant plus qu'il est envisageable de l'améliorer avec des solutions relativement économiques. Il faut également noter que ce test est très contraignant et que peu d'orgues peuvent prétendre à une parfaite stabilité face à ce type de tests qui correspondent à un mode jeu qui ne se rencontre pas avec un tel niveau d'extrémité dans le cas de l'exécution musicale courante.

Le constat de ces tests met en évidence que les régulations par boites à rideaux sont suffisamment réactives. En définitive, le manque de dynamique sonore qui peut être imputé à ce type de réservoir tient surtout au fait de l'élasticité importante du matelas d'air contenu dans le réservoir.

En effet le réservoir est constitué d'un ensemble présentant une masse inerte (table + charges) reposant sur un matelas d'air élastique. Ce matelas d'air est constitué pour partie du volume d'air utile à la consommation en vent et d'autre part d'un volume mort qui ne participe pas à l'alimentation en vent, ce qu'illustre le schéma suivant :

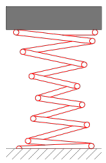



Extrait graphique 4 : Mise en évidence des volumes mort et utile dans un soufflet à table flottante.

Toute la partie du volume d'air représentée en bleu correspond au volume mort et augmente d'autant plus la souplesse du matelas d'air global. Sont également des volumes morts les différents porte-vent conduisant l'air aux sommiers, les layes des sommiers, les caissons des sommiers

lorsqu'il y en a. Certains de ces volumes sont inévitables, c'est le cas des porte-vent par exemple. Mais plus ces volumes sont importants, et plus les volumes morts sont importants par rapport au volume utile qui est le seul impliqué dans la réserve effective d'air sous pression.

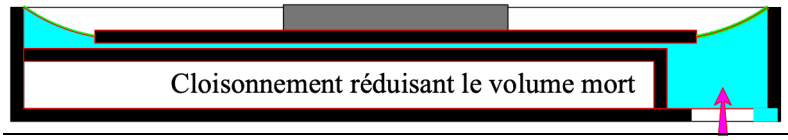
La table chargée reposant sur ce matelas d'air est modélisable comme un système oscillant de type masse-ressort de ce type :



Extrait graphique 5 : Modélisation mécanique de la table flottante d'un réservoir baquet

Ceci explique pourquoi un réservoir à table flottante est susceptible d'entrer en résonance s'il est soumis à une excitation périodique telle qu'une succession d'accords répétés.

Des solutions existent, permettant d'améliorer la stabilité du vent sans nécessairement être contraint de reconstruire l'ensemble du circuit d'alimentation. Pour cela il faut réduire les volumes morts existants, et donc en premier lieu dans les réservoirs. La solution est assez simple mettre en œuvre : il suffit de placer à l'intérieur un cloisonnage fermé ou un remplissage des volumes concernés :




Extrait graphique 6 : Méthode réduction du volume mort sur un soufflet existant.

En ce qui concerne les porte-vent, les longueurs sont courtes pour le grand orgue et le Récit du fait de la proximité des réservoirs associés à ces sommiers placés juste en dessous (et donc des volumes morts optimisés).

Les tables flottantes sont démontables de façon simple. Elles doivent de toute façon être démontées pour restaurer les peaux. Il sera donc assez simple d'en profiter pour neutraliser les volumes morts.

L'autre source est liée aux sommiers ce qui sera traité dans le paragraphe correspondant.

Inventaire des réservoirs :

1 Réservoir primaire en sortie de turbine : 2220 x 0 m 585 mm2, Pression relevée : 111 mm CE

1 Réservoir positif : 750 x 500 mm2, Pression relevée : 104,6 mm CE

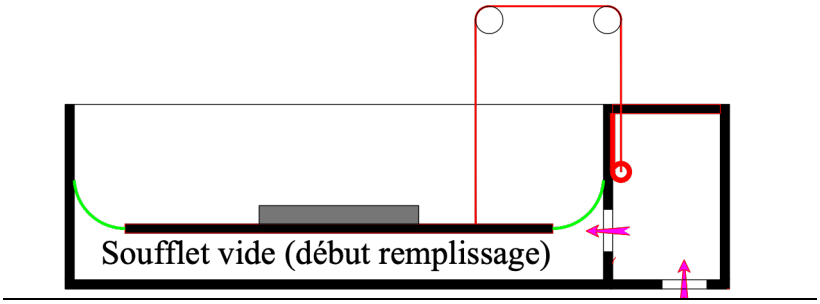
2 Réservoirs Grand orgue : 1245 x 500 mm2, Pression relevée : 103,8 mm CE

1 Réservoir Récit: 2220 x 585 mm2, Pression relevée : 93 mm CE

2 Réservoirs pédale : 1245 x 500 mm2, Pression relevée : 92,5 mm CE

### 1.3.4. Régulation.

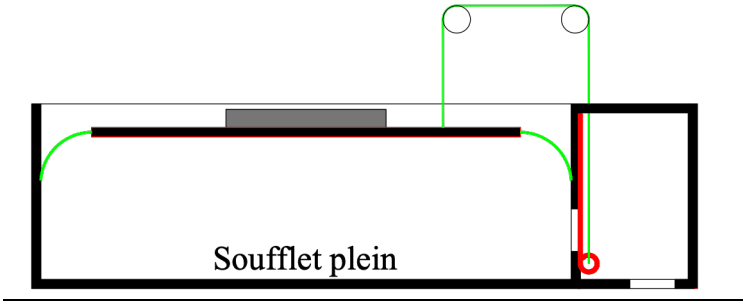
Les régulateurs de pression sont des organes qui permettent d'ajuster l'alimentation issue des turbines à la pression d'utilisation du vent dans chaque plan sonore de l'orgue et de stabiliser la position de la table du soufflet. Les boites régulatrices sont indépendantes ou couplées aux réservoirs. Le principe appliqué dans l'orgue de la cathédrale en est le suivant, chaque régulateur est accolé au réservoir concerné, excepté pour le positif et le réservoir primaire :




Extrait graphique 7 : Soufflet à table flottante avec régulation à rideau intégrée

Un tel type de régulateur est de type « à rideau ». Lorsque le soufflet est vide, l'air de la turbine peut alimenter le soufflet dont l'admission est ouverte, le rideau étant enroulé en position haute.

Lorsque le soufflet se remplit, la table mobile monte. Parallèlement le rideau descend en se déroulant, couvrant progressivement l'orifice d'admission d'air du soufflet. Une fois plein, le rideau obture complètement l'admission et coupe le débit d'air.




Extrait graphique 8 : Soufflet avec régulation à rideau en position fermée

Lorsque l'orgue joue, la table se positionne dans une position intermédiaire ajustant la hauteur du rideau de façon à adapter la section effective de passage de l'admission du vent au débit d'air consommé. Le rideau est piloté par un simple système de cordelette sur poulies reliée à la table du soufflet.

Chaque soufflet en est équipé de façon à s'adapter à une pression adaptée à chaque plan sonore. La maison Boisseau a donc pris le parti de définir une pression spécifique pour chaque plan sonore.

Le réservoir du positif et le réservoir primaire sont munis de boites régulatrices de type Laukhuff indépendantes :

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

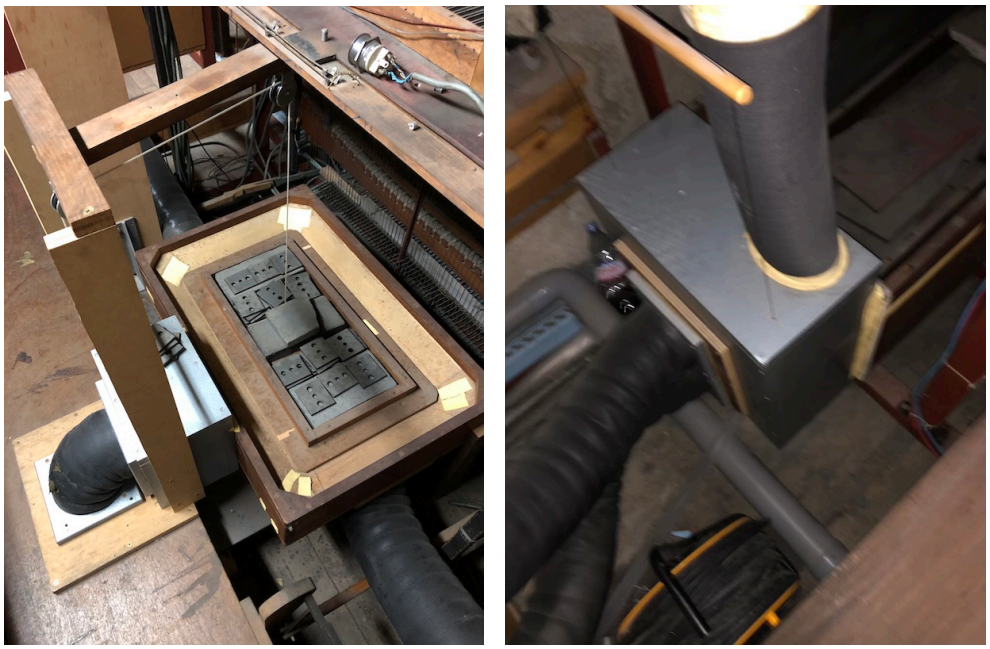


Photo 9 : Boite régulatrices du réservoir de positif et du réservoir primaire

Le démontage permettra de dresser un diagnostic précis de ces régulations mais a priori, ces régulateurs étant fonctionnels, il n'y a pas lieu de douter de leur état correct de conservation, la seule partie sensible pouvant être le rideau mobile.

En revanche l'instabilité du vent est très sensible au Positif et on peut constater que le volume d'air utile du petit réservoir est ridicule par rapport à la taille de ce plan sonore. Pour le Positif, il faudra augmenter remettre en cause ce type d'alimentation, d'autant que le positif est sans doute le plan où le besoin de stabilité s'avère plus important.

### 1.3.5. Porte-vent

Les porte-vent sont constitués de tubes industriels en PVC gris à usage sanitaire, à l'exception d'un grand collecteur en bois placé au sol issu de la turbine et des deux porte-vent alimentant le Positif. Si le parti d'utiliser du PVC peut soulever un a priori défavorable sur le niveau de qualité de facture, il faut admettre que les aptitudes fonctionnelles de ce type de matériau sont plutôt positives. Les coudes arrondis aux angles des conduites et l'état de surface du matériau sont autant d'éléments qui facilitent un écoulement fluide de l'air. L'insonorisation est bonne car il s'agit de matériau peu résonant et la mise en œuvre est d'une extrême simplicité. L'insensibilité à l'hygrométrie est un autre point fort. Ajouté à une mise en œuvra facile et économique, ce type de matériau est largement en usage en facture d'orgue dans différents pays dans la facture contemporaine, même si l'on constate un conservatisme dans la construction de porte-vent en bois qui résulte plus du souci de réaliser une manière de réalisation fidèle à la tradition et d'une esthétique plus flatteuse que des performances techniques. Évidemment on n'utilise pas ce type de matériau lorsqu'il s'agit de restaurer un orgue historique. Nous n'avons pas observé de désordres ni de dégradation sur l'ensemble des porte-vent qu'ils soient en PVC ou en bois.

### 1.3.6. Diagnostic de l'alimentation.

***Diagnostic archéologique :***

État de 1974.

***Diagnostic sanitaire :***

État de conservation correct à l'exception des angles en peau des membranes qui devront être refaits à neuf.

***Diagnostic fonctionnel :***

Correct mais améliorable en réduisant les volumes morts des soufflets.

1.3.7. Travaux à prévoir sur l'alimentation :

Dans l'absolu, deux partis de travaux sont envisageables au niveau de l'alimentation.

- Solution N°1 : on conserve l'alimentation telle qu'elle est, sans aucune modification :

On peut considérer que l'orgue a été conçu ainsi par son concepteur et qu'il n'y a pas de raison objective à modifier l'ensemble une alimentation en vent qui est fonctionnelle dont les qualités techniques et sonores sont représentatives de la conception de l'époque, avec ses points forts et ses points faibles.

- Solution 2 : soit on remet en cause l'alimentation en vent en raison de ses points faibles :

Il faudrait alors considérer que l'orgue Boisseau pourrait gagner en qualité sonore, sans que cela remette en cause son esthétique générale, au niveau de la stabilité du vent. Cela revient à remplacer les soufflets baquet par des soufflets à plis parallèles compensés avec adjonction de système antisecousses.

Cette solution est évidemment garante d'une amélioration optimale du vent. Cela implique néanmoins une reconstruction importante dont l'impact financier ne sera pas négligeable.

- Solution N°3 : Soit on conserve l'alimentation dans son ensemble en lui apportant des améliorations ponctuelles.

Cette solution permet d'envisager de conserver l'alimentation presque telle qu'elle est en introduisant quelques améliorations limitées. Cela consisterait alors à doter les réservoirs baquets existants :

➢ D'un cloisonnement interne limitant le volume mort ;
➢ Éventuellement, d'un système d'étrier permettant de les transformer en soufflets à table cunéiforme ce qui améliorerait significativement la vivacité du vent.

Cette solution permet de ne pas bouleverser l'alimentation telle qu'elle été conçue, elle est de plus parfaitement réversible et permettra une importante économie financière.

Solution de base :

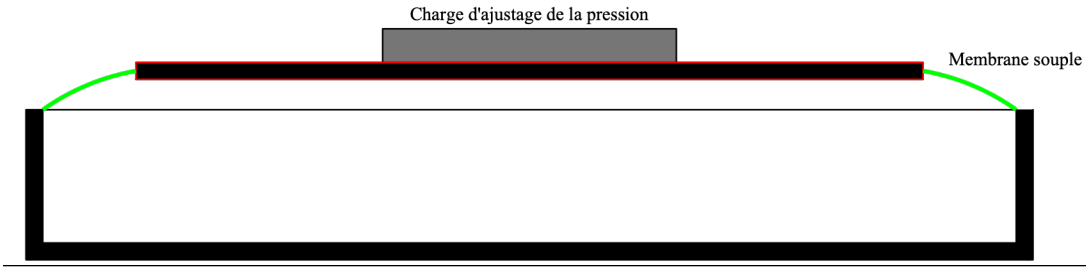
Les deux turbines sont en bon état, chacune dans une caisse. Les deux caisses sont empilées l'une sur l'autre ce qui pose un problème d'accès à la turbine inférieure pour sa lubrification. Cette disposition sera revue.

Restauration des différents réservoirs sans dépose des membranes des réservoirs avec renouvellement des angles en peau d'agneau. Suppression des volumes morts propres à ces réservoirs. Vérification des régulations et des jonctions des tubes porte-vent conservés en l'état. En conséquence on ne prévoit pas de remplacer toutes les conduites d'air en PVC par des conduite en bois plus traditionnelles. Les conduites en PVC sont tout à fait fonctionnelles.

Variante d'exécution : remplacement de la table flottante par un double pli :

Un réservoir à table flottante est conçu selon le principe suivant :

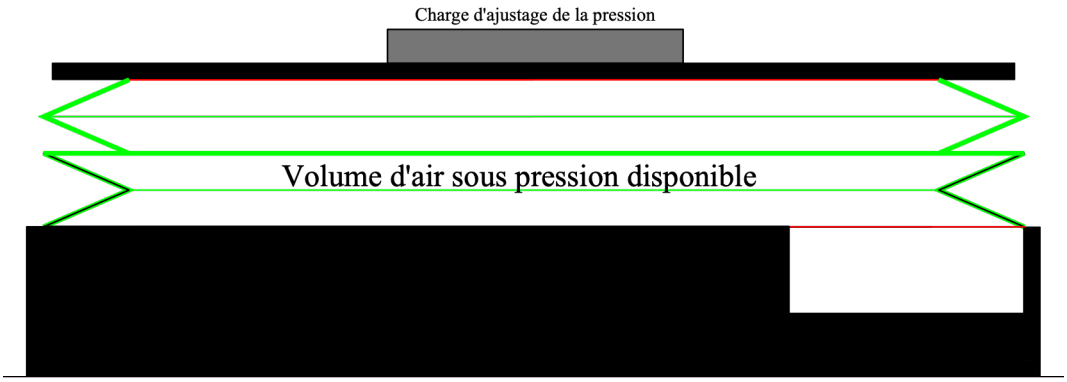
© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.




Extrait graphique 9 : Soufflet à table flottante : état actuel de la conception Boisseau

Les limites de performances en termes de qualité de vent sont bien connues et ont été rappelées.

Une variante d'exécution, peut être envisagée dans la modification de ces réservoirs :




Extrait graphique 10 : Soufflet modifié avec création d'un double pli et suppression du volume mort

La suppression du volume étant intégrée, il s'agit de remplacer la membrane par deux plis de soufflet, ce qui augmentera significativement la capacité du soufflet et améliorera la qualité du vent. Cette solution peut être proposée en variante.

Modification de l'alimentation du Positif :

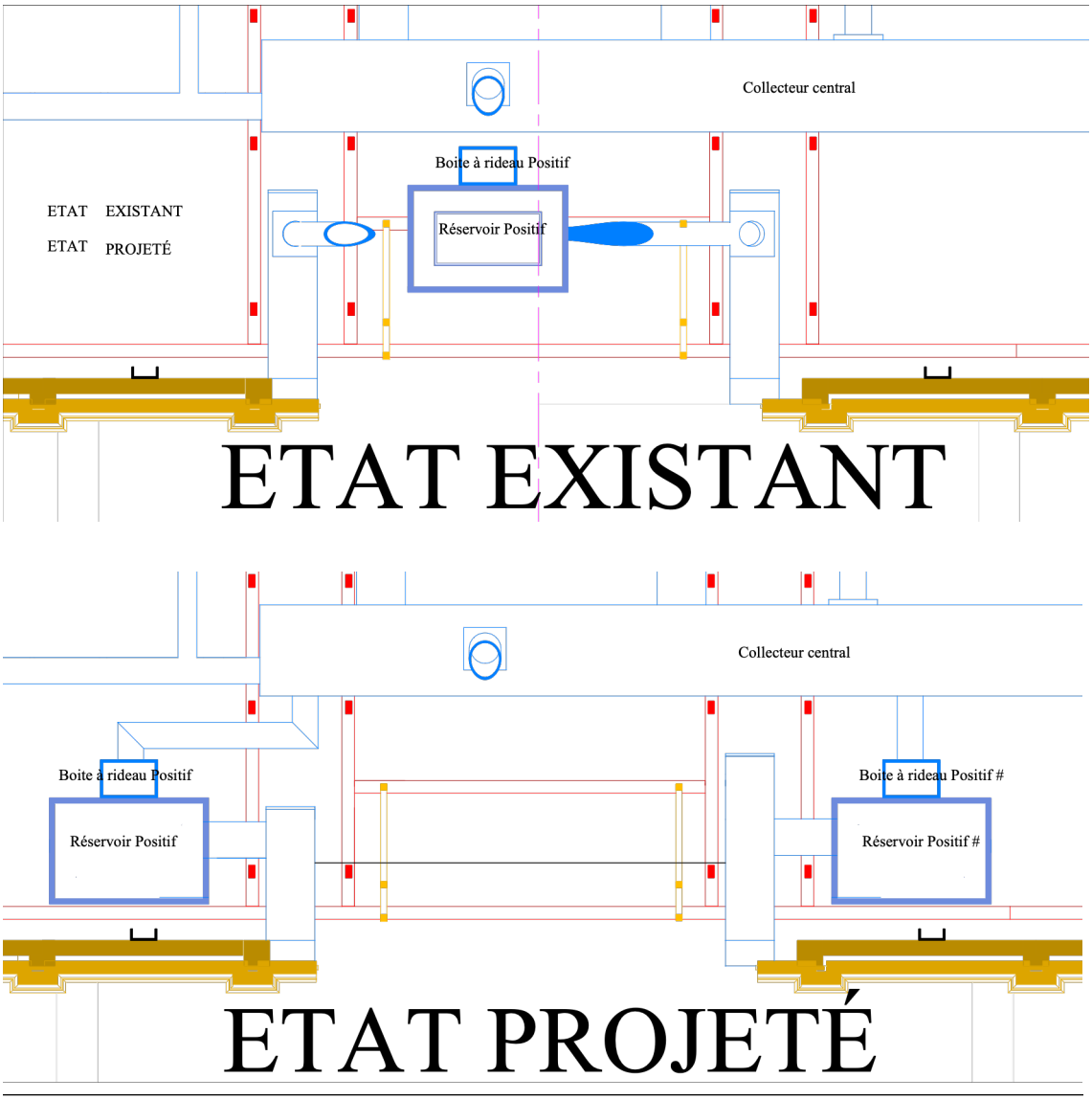
Le petit réservoir placé derrière la console distribuant le vent régulé au Positif est très sous-dimensionné. Lorsqu'on joue le positif on ressent une instabilité importante du vent lorsque les basses sont jouées. C'est l'une des faiblesses de cet orgue et qui se pose avec plus ou moins d'importance sur les autres plans sonores. Mais c'est sans doute le Positif qui est le plan le plus sensible.

En plus cet unique petit réservoir est directement implanté derrière la console ce qui sera incompatible avec l'encombrement des éléments électroniques de la nouvelle console.

Le positif dispose de deux portevents en bois symétriques.

Il est prévu de supprimer le réservoir à son emplacement actuel et de le remplacer par deux réservoirs à plis parallèles placés de part et d'autre de la console dans le soubassement car l'emplacement libre s'y prête parfaitement.

Un plan décrit le type de modification à apporter au circuit de vent :

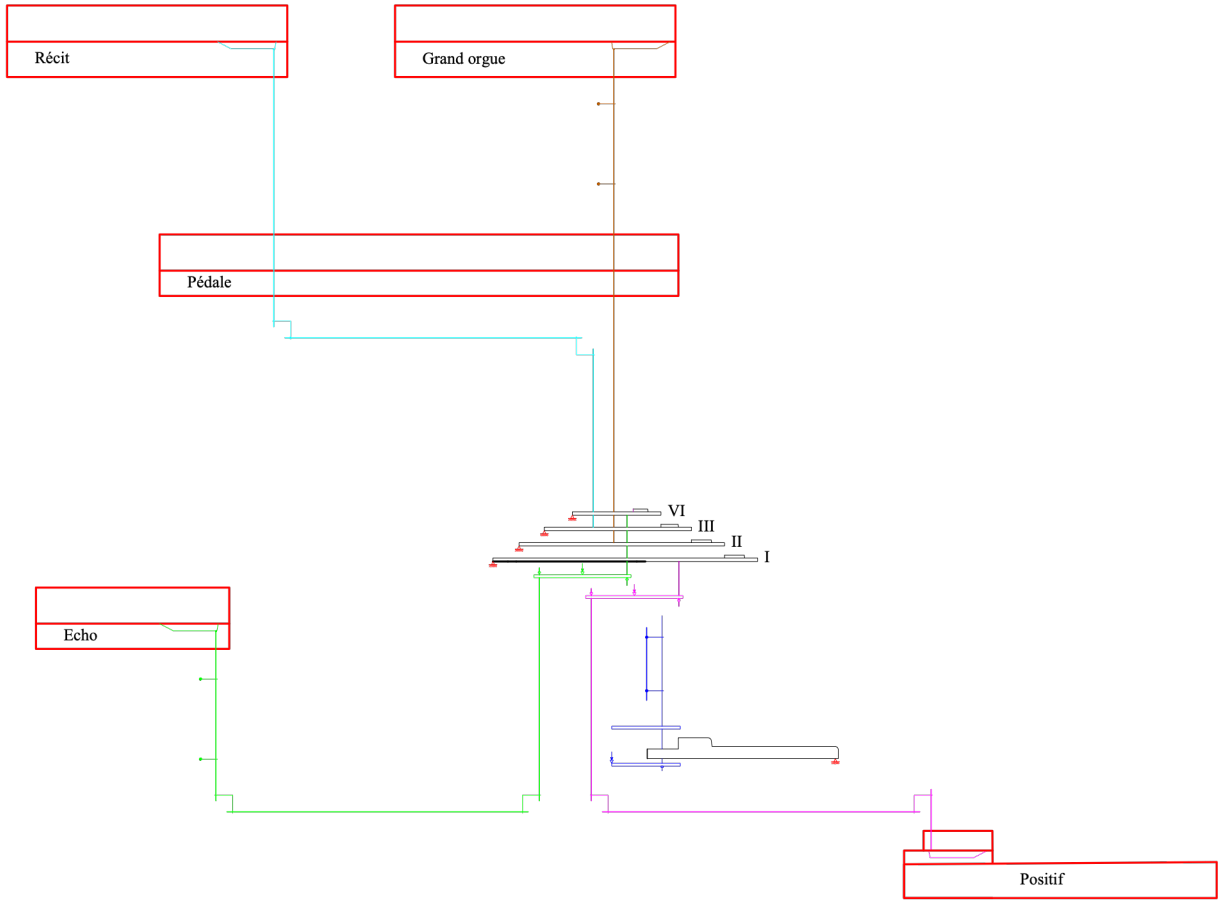



Extrait graphique 11 : Modification de la distribution du vent envisagée au clavier de positif

## 1.4. Traction des notes, console.

### 1.4.1. Description générale

La traction des notes est de type entièrement mécanique, relativement traditionnelle et construite avec les normes en vogue au cours des années 1960-70. La disposition générale des cheminements mécaniques aux sommiers manuels est la suivante :




Extrait graphique 12 : Représentation schématique des tracés de la mécaniques des notes pour les plans sonores manuels.

Elle est constituée essentiellement de fils d'acier et équerres pour les transmissions et de duralumin pour les rouleaux d'abrégés et de serre-câbles ou écrous pour les connexions et points de réglage comme le met évidence la photo ci-après.



Photo 10 : Mécanique du plan d'Écho : abrégé et liaisons par fils aux sommiers

Thierry Semenoux s'est livré à quelques éléments d'analyse de cette mécanique. Il souligne les limites de performances de la mécanique en raison de sa mollesse d'une part, c'est-à-dire son manque de rigidité et d'autre part le niveau de dureté très important de la mécanique en mode d'accouplement.

### 1.4.2. Le manque de rigidité de la traction mécanique.

Comme l'indique Thierry Semenoux, les mécaniques de notes sont du type pratiqué par les ateliers Boisseau dans les années 1960-1970. Le duralumin est la matière première pour la fabrication des principaux éléments de mécaniques ainsi que des claviers. Les fourchettes d'accouplements sont également en duralumin[1].

Seules les extrémités des touches accessibles aux doigts de l'organiste sont en bois, plaquées d'ébène pour les naturelles et en bois clair pour les dièses.

On peut donc constater que ces touches ne présentent qu'une très faible rigidité en torsion, ceci résultant de la nature du profil en U de l'ensemble de la touche.

Les rouleaux d'abrégés de la mécanique des notes constituent le point de faiblesse majeur de l'ensemble de la mécanique des notes de l'orgue. Ces rouleaux en duralumin sont très sensibles à

[1] Le **duralium** ou duralumin, est un alliage à base d'aluminium (> 90 %), de cuivre (3-5 %), de magnésium (0,4-2,4 %) et de manganèse (0,3-1 %).Avant traitement thermique, l'alliage est ductile et malléable. Après traitement thermique, une réaction entre l'aluminium et le magnésium provoque une augmentation de la dureté et de la résistance à la traction. Sa légèreté ainsi que d'autres propriétés physiques font qu'il est largement utilisé dans l'industrie aéronautique depuis les années 1920. (sources CNRTL).

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

la déformation en torsion en raison d'une part du coefficient d'élasticité[2] du matériau relativement faible et de la longueur importante des rouleaux puisque leur déformation en torsion est proportionnelle à leur longueur.

Si le phénomène de torsion des rouleaux d'abrégés est faible pour le plan sonore d'écho qui est centré derrière la console dans la mesure où les rouleaux sont relativement courts, ce n'est en revanche pas le cas des abrégés des plans sonores de Grand orgue et de Récit dont les abrégés comportent des rouleaux de grande longueur compte tenu de la disposition des sommiers qui s'étalent en largeur dans le buffet d'orgue. Les basses qui nécessitent des efforts de transmission mécanique plus importants se rapprochent des côtés du buffet. Il en résulte que les rouleaux d'abrégés des basses sont les plus longs alors qu'il s'agit de ceux qui doivent transmettre les efforts les plus importants pour décoller les soupapes lorsque l'on enfonce les touches correspondantes. Comme les rouleaux d'abrégés présentent tous le même diamètre, c'est donc dans les basses que les déformations en torsion des rouleaux sont les plus importantes. Il en résulte une grande imprécision dans le toucher mécanique.

On constate ainsi que pour le clavier de Grand orgue, l'enfoncement nécessaire pour décoller la soupape (correspondant à l'émission du son) est de 5 mm, ce qui correspond à 50% de la course totale de la touche.

Dans le médium et l'aigu du clavier, les efforts de décollement étant plus faibles, l'apparition du son du son survient avec un enfoncement de 2 mm soit 20% de la course.

Il en résulte donc que lorsque l'organiste plaque un accord sur ce clavier l'apparition du son ne sera pas identique du grave à l'aigu si l'organiste a une technique d'enfoncement identique des notes sur l'ensemble de ses doigts. L'accord plaqué sera donc perçu comme un mini arpège, les aigus parlant légèrement avant les basses.

Dans la pratique l'organiste corrigera instinctivement ce défaut de réponse mais seulement en partie vu l'ampleur des écarts constatés. Cela se traduira par un manque de netteté sonore dans la production de l'accord joué puisque toutes les notes du claviers jouées en même temps ne seront pas parfaitement synchrones à l'émission.

Les limites de la mécanique résultant de son manque de rigidité n'entrainent donc pas qu'une sensation d'inconfort de jeu pour l'organiste, cette limite contribue également à donner à l'ensemble de l'instrument un manque de précision dans la définition sonore.

Nous ne pouvons que confirmer en tous points le descriptif des performances et des limites de la mécanique des notes déjà décrites par Thierry Semenoux.

### 1.4.3. La dureté de la traction mécanique.

En mode d'accouplement, les efforts nécessaires au décollement des soupapes que doit fournir l'organiste s'ajoutent d'autant plus qu'il y a d'accouplements entre les trois claviers manuels principaux.

L'instrument est conçu pour que les trois claviers manuels des plans sonores de Grand orgue, Positif et récit puissent être réunis ensemble. Il existe donc trois accouplements entre claviers manuels : Positif/Gand orgue, Récit/Grand orgue et Récit/Positif.

Le cas le plus contraignant est donc celui pour lequel Positif et Récit sont simultanément accouplés sur le clavier de Grand orgue.

Les mesures effectuées par Thierry Semenoux sont à cet égard éloquentes :

[2] Il s'agit du module d'Young du matériau qui est de 75 Gpa alors que par comparaison, celui de l'acier est de 200 GPa

| Poids pour déclenchement des soupapes (gf) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **C1** | **C2** | **C3** | **C4** | **C5** |
| **GO** | | | | | |
| Tacet | 210 | 170 | 220 | 140 | 120 |
| Tacet Pos/Go | 350 | 270 | 280 | 180 | 140 |
| Fonds GO | 240 | 240 | 250 | 160 | 130 |
| Fons Pos/GO | > 500 | 370 | 350 | 310 | 200 |
| **Positif** | | | | | |
| Tacet | 230 | 190 | 150 | 130 | 120 |
| Fonds | 290 | 190 | 160 | 160 | 190 |
| **Récit** | | | | | |
| Tacet | 180 | 140 | 200 | 130 | 100 |
| Fonds | 210 | 180 | 200 | 140 | 130 |
| **Écho** | | | | | |
| Tacet | 210 | 170 | 130 | 110 | 110 |
| Fonds | 210 | 180 | 140 | 110 | 110 |
| | | | | | |
| POS/GO<br>REC/GO<br>FONDS | > 500 | > 500 | > 500 | > 500 | 300 |

Ce tableau conduit aux constats suivants :

- La dureté du toucher par claviers diminue de la basse vers l'aigu de l'ordre 1 à 0,5.

Ce constat est logique car il est directement lié à l'évolution de la largeur des soupapes qui diminue vers l'aigu dans le même rapport.

- La dureté augmente lorsque l'on ajoute des jeux.

Ce constat est normal à mesure que la soupape doit délivrer plus d'air. Néanmoins on constate que l'augmentation relative est relativement faible.

- Les duretés des trois plans en accouplement se cumulent pour dépasser pratiquement sur tout le clavier la valeur de 500 gf.

Les conditions de dureté pour disposer d'un jeu confortable peuvent varier dans de larges proportions liées au style de l'orgue et à sa taille. Pour un orgue de style Renaissance d'un nombre de jeux limité la résistance à l'enfoncement ne doit pas dépasser 80 à 100 gf environ.

Pour un grand orgue de style classique, un toucher de qualité ne devrait pas opposer une résistance dépassant 150 gf environ.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

Pour un orgue de Style romantique ou symphonique on peut tolérer des efforts plus importants pouvant atteindre 200 à 250 gf, mais d'ores et déjà, de telles résistances rendent la virtuosité pratiquement impossible.

Au-delà d'une valeur de 200 à 250 gf, on ne peut plus espérer jouer l'instrument avec un niveau de virtuosité acceptable, car le niveau de contraction musculaire que doit déployer l'organiste ne lui permet plus la fluidité et l'articulation nécessaire.

C'est pourquoi dans les grands instruments symphoniques, l'accouplement des claviers passe par un système d'assistance, lorsque ne n'est pas même chaque clavier séparé qui peut être assisté. Le facteur d'orgue Aristide Cavaillé-Coll et tous les facteurs de son époque ont à cet égard largement fait appel au système d'assistance Barker qui permet à l'organiste de disposer d'un toucher assisté. Mais ce type de dispositif a été conçu pour des instruments de type romantique ou symphonique, ce qui n'est pas la caractéristique première de l'orgue de la Cathédrale Ste Réparate dont le plan relève d'une inspiration beaucoup plus classicisante.

En effet, en mode de jeu par claviers séparés, les valeurs de résistance à l'enfoncement des touches, atteint des valeurs supérieures ou égales à 200 gf. Si de telles valeurs pouvaient être tolérables pour instrument mécanique de type symphonique, ces valeurs ne sont pas acceptables pour un instrument dont la composition est essentiellement classique. Il en résulte que l'interprétation dans les meilleures conditions du répertoire classique n'est pas possible.

C'est pourquoi dès la fin du XIX$^{ème}$ siècle, l'emploi de technologies pneumatiques ou électriques ont été mises en œuvre dans les orgues de grande taille.

### 1.4.4. Console : traction des notes.

La mécanique des notes est de type direct avec des claviers axés en queue selon la tradition de la facture classique française.

- La traction est directe suspendue au Grand orgue ;
- La traction est indirecte suspendue au Positif ;
- La traction est indirecte suspendue avec compensation de course au Récit ;
- La traction est indirecte suspendue à l'Écho ;
- La traction est directe suspendue à la Pédale.

Les départs de la mécanique des notes des quatre claviers manuels au niveau de la console sont disposés de la façon suivante :

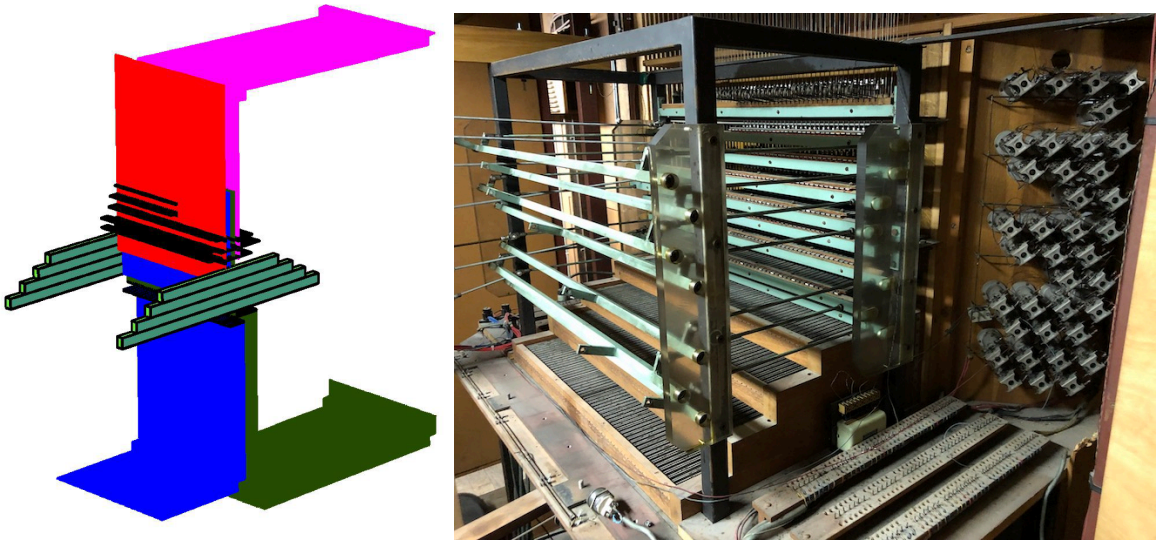


Photo 11 : Arrière de la console de l'orgue : Mécanismes d'accouplements et tirasse et revers du tirage de jeu côté Ut.

Les accouplements entre claviers et tirasses sont tous regroupés au-dessus du bloc des claviers et basés sur un système de fourchettes mobiles.

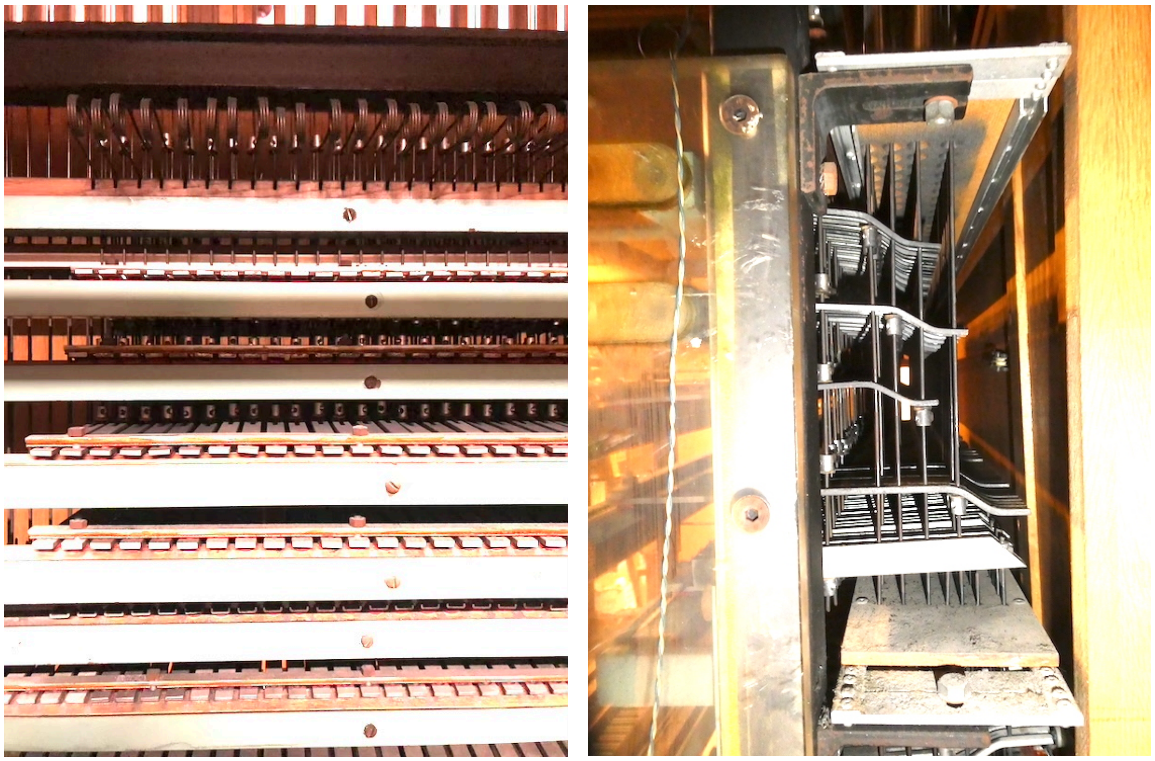


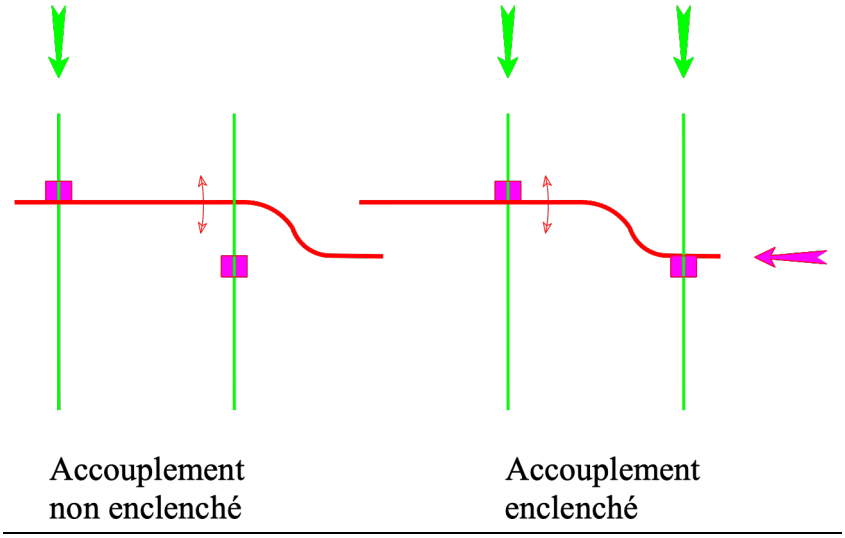
Photo 12 : Détail des fourchettes d'accouplement et tirasses : vue en bout et de profil

Il existe 8 trains étagés de fourchettes correspondant aux 5 tirasses et 3 accouplements manuels.

Le principe de fonctionnement commun à tous ces accouplements est le suivant : pour chaque note du clavier une fourchette d'entrainement pivote avec l'enfoncement de la touche et se translate horizontalement lors de la commande d'enclenchement de l'accouplement.

Ainsi le serre-câble installé sur le fil du clavier à accoupler vient en contact avec la fourchette pour transmettre le mouvement comme l'indique l'extrait graphique ci-après :

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.




Extrait graphique 13 : Illustration de la cinématique des accouplements.

Ce système est simple de conception mais n'est pas idéal. Pour que l'accouplement soit précis il faut limiter le jeu entre le serre-câble et la fourchette d'entrainement. Il existe alors un frottement tangentiel sur le serre-câble, générateur de cornements lorsque l'accouplement est enclenché ou déclenché. Une garniture en feutre posée sur l'écrou réduit le frottement, mais cette garniture s'use en raison de la friction et du jeu apparait, donc de l'imprécision mécanique. Dans la pratique il est impossible, une fois l'ensemble installé, d'intervenir dans les réglages faute d'accès : aucune maintenance courante n'est possible.

Chaque train de fourchettes est enclenché au moyen d'un moteur de commande et d'un levier pivotant à l'arrière de la console :



Photo 13 : Moteurs linéaires de commande des accouplements et tirasses.

Ces moteurs sont de génération récente et ont été posés en 2016 en remplacement des moteurs de 1974 qui ne fonctionnaient plus correctement.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

### 1.4.5. Travaux à prévoir sur la console.

La console sera complètement reconditionnée.

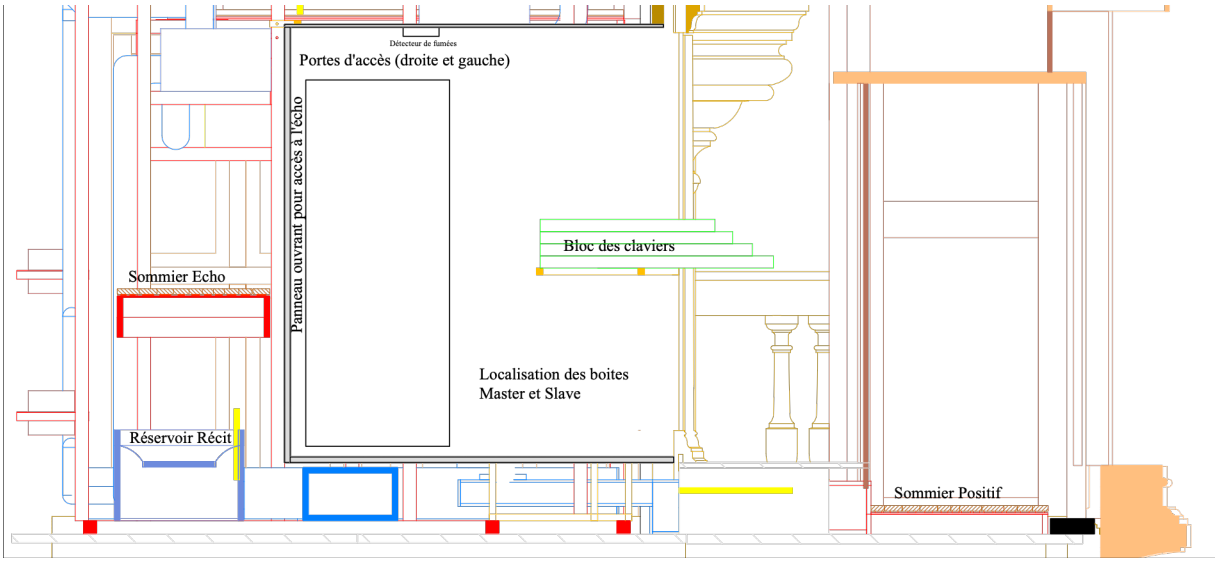
Les claviers existants ne sont pas réemployables. Les touches en profilés aluminium avec finition en bois à l'avant sont mal guidées les profilés n'ont aucune rigidité en torsion. Installer des capteurs Hall sur de tels claviers conduirait à des disfonctionnements de l'électronique en raison de l'imprécision qui résulterait dans l'acquisition des signaux des capteurs Hall.

Les solénoïdes de tirants de jeux sont en partie HS et obsolètes de même que les pistons poussoirs au pieds et les boutons sous les claviers.

Tous ces éléments seront remplacés à neuf.

Le pédalier pourra être conservé.

Les panneaux de console de part et d'autre des claviers seront refaits à neuf.




Extrait graphique 14 : Volume clos pour installer la console et l'ensemble des ses composants électroniques.

Il sera construit une chambre fermée étanche à la poussière dont les parois seront réalisées en tripli de sapin. Deux portes seront installées aux endroits existants des portes actuelles. L'accès aux tuyaux du clavier d'écho sera réalisé avec des panneaux démontables sur la face arrière de la chambre. Par mesure de sécurité un capteur de fumée sera placé dans le caisson puisqu'il abritera l'ensembles des éléments électriques et électroniques de l'orgue.

### 1.4.6. Diagnostic de la traction des notes.

***Diagnostic archéologique :***

État de 1974.

***Diagnostic sanitaire :***

État de conservation totalement dégradé en raison des écrous et garnitures qui sont usés par plus de 40 années de fonctionnellement.

***Diagnostic fonctionnel :***

Fonctionnalité mauvaise et dégradée d'une part par le principe même des systèmes d'accouplements et d'autre part par l'usure et l'absence de réglages.

### 1.4.7. Travaux à envisager sur la mécanique des notes.

C'est à ce niveau qu'il convient d'envisager une restructuration significative de l'instrument. En effet, si pour l'alimentation, trois solutions pouvaient être envisagées, de telles alternatives sont dans le cas de la mécanique des notes difficilement envisageables.

Autant l'on peut tolérer que la qualité du vent ne soit pas optimale parce qu'elle participe de la personnalité sonore de l'orgue telle qu'elle a été déterminée par le concepteur, autant les déficiences de la mécanique des notes ne peuvent être acceptables car elles sont incompatibles avec une bonne utilisation de l'orgue tandis qu'une remise en cause de la mécanique ne modifierait pas l'esthétique sonore de l'orgue.

Il ne faut donc pas espérer améliorer les performances de la mécanique, sauf à la reconstruire complètement, en remplaçant les claviers, en augmentant les sections de rouleaux d'abrégés notamment.

Néanmoins si une telle reconstruction peut contribuer à améliorer sa rigidité, le problème de la dureté des claviers ne sera en aucun cas résolu sans introduire un système d'assistance puisque les sommiers de l'orgue déterminent par leur construction les dimensions de leurs soupapes.

Introduire un système d'assistance par machine Barker apparait ici inapproprié car c'est un mode d'assistance adapté à un orgue symphonique qui n'est pas le style représentatif de l'orgue de la Cathédrale Ste Réparate.

En effet, il apparait clairement à l'audition de l'instrument que le caractère de l'harmonie sonore qu'ont recherché Robert et Jean-Loup Boisseau est de permettre une élocution des tuyaux avec un travail d'attaque qu'un toucher assisté ne permettra pas de maîtriser. Cette recherche sur le son est cohérente avec une mécanique non assistée. Cet aspect artistique de l'harmonie est précisément celui qu'il convient de préserver prioritairement dans cet orgue, car c'est dans ce domaine précis que se distingue le style des facteurs Boisseau dans le contexte des années 1960-70, et s'il y a quelque chose de réserver très attentivement dans cet orgue, c'est bien ce patrimoine immatériel qui définit la personnalité artistique de l'instrument.

Or, améliorer la mécanique existante supposerait donc une reconstruction complète de cette mécanique, dotée d'une assistance électrique.

De plus se pose dans le cadre de cette reconstruction le problème de l'espace disponible à l'arrière de la console pour loger de façon rationnelle une mécanique performante. Dans l'état actuel l'espace disponible est totalement insuffisant pour permettre une telle reconstruction.

Si l'on s'engageait dans cette voie, la seule solution permettant de ménager un espace suffisant consisterait alors à supprimer le plan sonore d'écho placé en soubassement à l'arrière de la console et ainsi de supprimer un plan sonore de l'orgue en ramenant l'orgue à trois claviers manuels, ce qui serait une atteinte importante à l'intégrité de l'orgue tel qu'il a été conçu.

En conclusion il apparait que le style d'harmonie de l'orgue appelle une traction mécanique directe, ce qui est le propre d'une traction mécanique non assistée, mais que la mécanique telle qu'elle est conçue est défectueuse en raison de son absence de rigidité et de la dureté de jeu qu'elle implique et que sa reconstruction n'apportera pas de solution satisfaisante.

Comment résoudre cette contradiction ?

Il faut donc faire en sorte que la mécanique puisse valoriser le type d'harmonie de l'orgue, tout en faisant abstraction des problèmes de souplesse et de dureté de la mécanique.

La seule solution permettant de concilier ces exigences consiste à réaliser une traction numérique sensitive, traction qui est plus couramment dénommée « traction proportionnelle ».

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

## 1.5. Traction des jeux, combinateur.

La traction des jeux est de type électrique. Il s'agit d'une traction de type électronique analogique.

L'ensemble travaille en très basse tension puisque les actionneurs électriques sont commandés en 12 volts continu.

La structure générale de cette traction est la suivante :

- Redresseur de courant permettant d'obtenir une tension de 12 Volts redressée.
- Circuit électrique en 12 volts alimentant les tirants de jeux de console
- Circuit de commande des actionneurs constitués de moteurs rotatifs et linéaires commandant les jeux et les mécanismes d'accouplement de console.

### 1.5.1. Console : commande des jeux

Le tirage des jeux est électrique de 1974 et doté de tirants de jeux de type solénoïde fonctionne en 12V DC. Comme on peut le constater les cartes d'entrées et sorties des solénoïdes de tirage de jeux sont exposées à plat à toute la poussière pénétrant dans l'instrument.



Photo 14 : Vues générales de la console, avant et arrière

Les commandes au pied sont des pistons fonctionnant également en 12V.




Photo 15 : Pistons installés au niveau du pédalier

Un système de crescendo à 8 positions gère électroniquement le tirage des jeux au moyen d'un système à contacteurs placé au sol au revers de la console.



Photo 16 : Électronique de commande du système de crescendo

### 1.5.2. Redresseurs.

Il s'agit de deux redresseurs à étage d'entrée triphasés en 380 Volts alternatif et étage de sortie en 12 Volts redressé placés en parallèle.

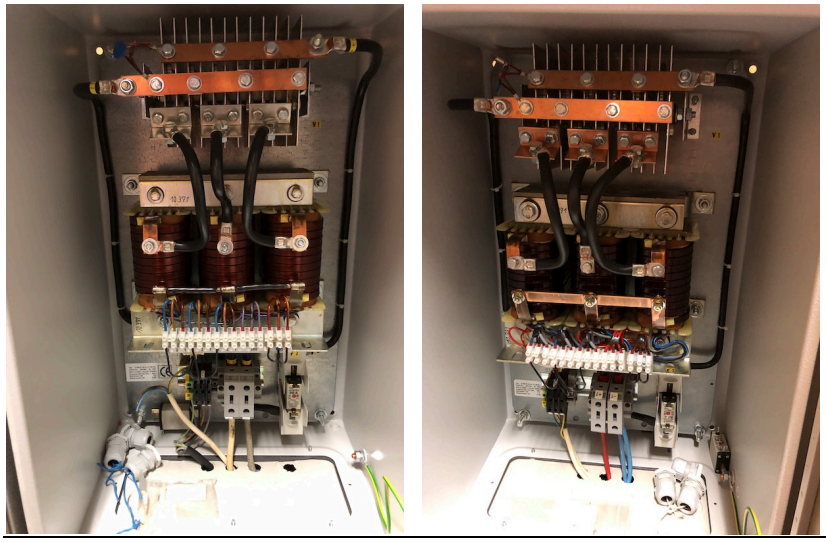


Photo 17 : Redresseurs Triphasés 380 AC-12V DC en service dans la traction actuelle des jeux

Ces redresseurs sont de marque Heuss et sont encoffrés dans des armoires séparées. La capacité d'alimentation est de 80 ampères par redresseur, soit 160 Ampères au total. L'un de ces deux redresseurs est censé avoir été remplacé en 2010. En partant de l'hypothèse que François Delangue a respecté les codes couleurs en vigueur, le redresseur figurant sur la droite de la photo précédente serait alors l'élément remplacé en 2010.

Le câblage est correct et les redresseurs sont bien protégés de la poussière et correctement isolés.

### 1.5.3. Circuits de commande, câblage.

Les câbles d'alimentation parcourent l'instrument de toutes part. Ces câbles peuvent véhiculer, selon leur disposition, de 2 ampères jusqu'à plusieurs dizaines d'ampères. La puissance traversée peut être non négligeable pour des câbles qui sont tous en contact direct avec des parties en bois sensibles de l'orgue. Les connexions des câbles entre eux ne sont pas isolées et se font

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

systématiquement par serrage avec dominos. Les bornes relais sont à l'air libre, au serrage incertain, placées sur planches en bois, planches de connexion exposées à la poussière, codes couleur pas toujours respectés…

Un rapport du 25/03/2010 de François Delangue fait le bilan des travaux qu'il exécute en 2009-2010 : Divers câbles sont remplacés, ce qui va dans le sens d'une meilleure sécurité :

« … *Remplacement des câbles en + et – des moteurs de jeux des 4 claviers au redresseur de courant en passant en 16mm2 au lieu des divers bricolages anciens…* »

Quand on voit l'état du câblage actuel qui est loin d'être satisfaisant, on n'ose pas imaginer l'état antérieur du câblage…

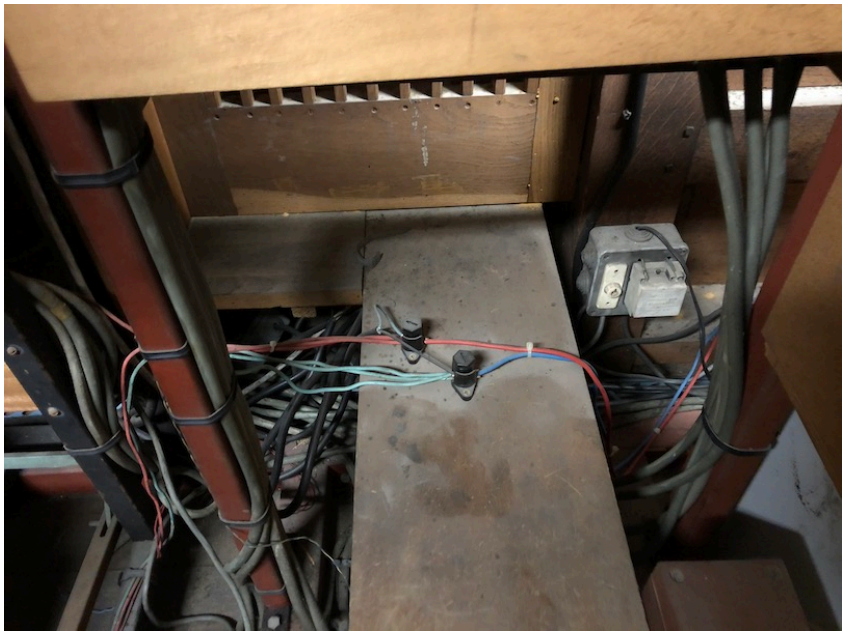


Photo 18 : Exemple de prolifération anarchique des câbles au revers de la console

Une partie importante de ces câbles sont nus et complètement exposés à la poussière : c'est notamment le cas du câblage situé derrière la console des claviers. Bien que l'intensité soit faible dans ces câbles, il n'est pas exclu d'avoir des micro-étincelles lors des mises sous tension ou hors tension des tirants de jeux et des départs de feu peuvent être favorisés par la poussière qui recouvre ces câbles.

Il aurait été préférable que le remplacement de la plupart des moteurs solénoïdes en 2016, ait donné l'occasion de passer le tirage de jeux en 24 volts, ce qui aurait permis de diviser par deux l'intensité traversant les câbles électriques de l'orgue.

### 1.5.4. Les actionneurs.

Les actionneurs sont en majorité des moteurs solénoïdes de facture récente, remplacés en 2009 et 2010 par le facteur d'orgue François Delangue. Il s'agit de moteurs de fabrication Allemande Laukhuff. Ces moteurs sont munis de cartes de commande placés sur les moteurs eux-mêmes.



Photo 19 : Groupe des moteurs de jeux du plan sonore de positif

Ces moteurs remplacent d'anciens moteurs rotatifs datant de l'époque Boisseau dont l'état était jugé critique. Ces moteurs existent toujours pour les sommiers des jeux de pédale et sont toujours en fonction.



Photo 20 : Moteurs de jeux du sommier de pédale côté UT, de 1974

Cette seconde catégorie de moteurs est de facture industrielle et étaient destinée à la commande de mouvement d'essuie-glaces de voitures.

Du point de vue des câbles d'alimentation, des câbles alimentent des groupes de moteurs par plans sonores. Comme il y a essentiellement 6 groupes (4 pour les 4 plans sonores manuels et 2 pour la pédale) les câble de distribution peuvent distribuer des courants pouvant atteindre 20 à 30 ampères sous 12V, ce qui est considérable vu la façon dont le câblage est mis en œuvre sur le plan de la connectique.

Exemple sur le cas du plan sonore de positif :

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

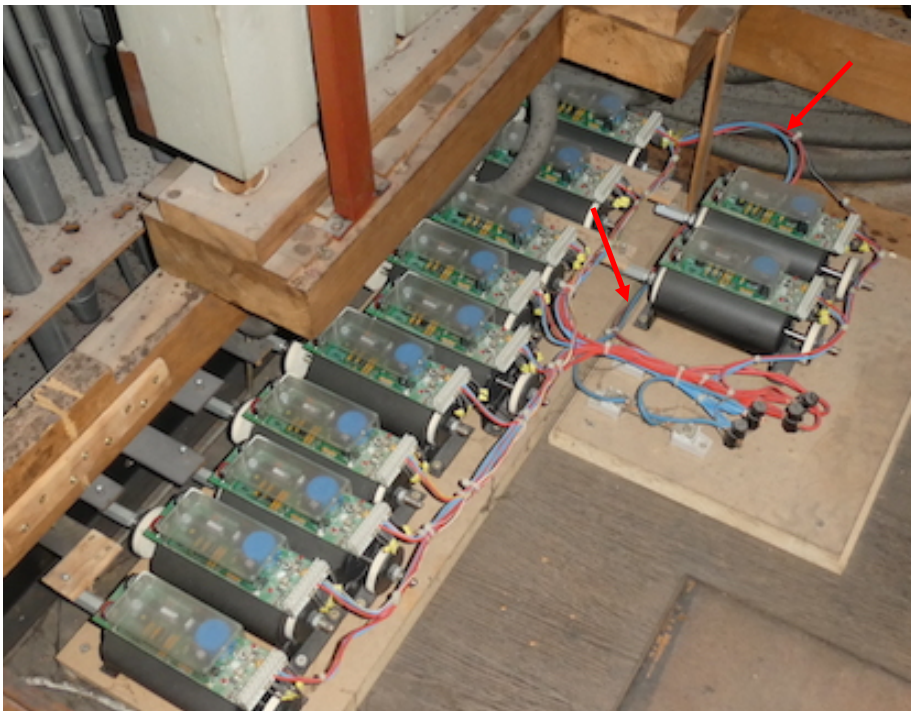


Photo 21 : Moteurs de jeux du plan de Positif et leur câblage de puissance.

Dans cette configuration qui comporte 12 moteurs de jeux, deux câbles – et + en 12 V alimentent ce groupe de moteurs. Ces deux câbles (voir flèches rouges) sont de section 16 mm2 et dans le cas d'une commande sur les 12 moteurs en même temps, le courant de pointe peut atteindre 24 Ampères. A partir des borniers auxquels aboutissent ces deux câbles, repartent en parallèle 12 paire de câbles 1,5 mm2 pour la puissance de chaque moteur.

Nous n'avons pas repéré de protection sur les câbles 16 mm2 ; mais de toute façon cette protection contre courts-circuits ou surtension doit être calibrée pour supporter un courant d'au moins 24 Ampères avant de disjoncter. Chaque moteur est en principe protégé indépendamment par sa carte d'alimentation en cas de sur intensité ou court-circuit. Néanmoins, si une carte moteur présente un défaut, et quand bien même les câbles 16 mm2 seraient protégés, le seuil de protection serait bien trop élevé (30 Ampères) par rapport aux 2 Ampères au-delà duquel chaque moteur est en surcharge. L'échauffement dans les 2 câbles 1,5 mm2 d'alimentation du moteur défectueux peut donc atteindre 12 fois la valeur de surintensité admissible avant de déclencher une disjonction. D'où risque d'échauffement anormal dans ces conducteurs.

C'est pourquoi une telle organisation du câblage n'est pas satisfaisante sur le plan de la sécurité.

Dans une conception repensée, on peut loger l'ensemble des cartes dans une armoire et distribuer autant de câbles que de moteurs. Si une carte est en défaut la disjonction se fait sur le seul moteur concerné, sans risque de surchauffe sur un câblage intermédiaire.

### 1.5.5. Le combinateur.

Ce combinateur est d'origine et présente des performances totalement dépassées par ce que permettent les combinateurs actuels. En effet, ce combinateur électronique ne permet à l'organiste que de disposer de huit combinaisons de jeux fixes ajustées à l'avance, alors que les combinateurs actuels de type numérique permettent à l'organiste de disposer de milliers de combinaisons pouvant être instantanément définies par l'organiste à tout moment.



Photo 22 : Armoire électronique du combinateur actuel (8 combinaisons)

De plus, ce système relativement encombrant est placé dans le positif pour rester accessible aux utilisateurs et ne facilite pas l'accès à ce plan sonore.

Par ailleurs, toutes les fonctions que permettent les combinateurs actuels telles que :

- Création d'espaces utilisateur distincts,
- Insertion ou suppression de combinaisons avec renumérotation,
- Séquençage des combinaisons
- Création de répertoire d'œuvres et de concerts,
- Sauvegarde externe de combinaisons,

Sont totalement inexistantes dans le système.

Le système est complètement obsolète et ses composants électroniques désuets ne sont plus fabriqués de longue date et aucune maintenance et encore moins de mise à niveau ne sont possibles.

### 1.5.6. Diagnostic de la traction des jeux.

L'ensemble de la traction des jeux est en grande partie obsolète.

***Diagnostic archéologique :***

État de 1974.

***Diagnostic sanitaire :***

État de conservation satisfaisant à l'exception du câblage, mais système totalement obsolète et non conforme aux normes de sécurité actuelles en ce qui concerne le câblage actuel qui doit être complètement purgé et refait à neuf.

***Diagnostic fonctionnel :***

Fonctionnalité mauvaise et dégradée : beaucoup de moteurs ne fonctionnent plus, ce qui semble plus imputable plus aux circuits électriques qu'aux moteurs eux-mêmes. Le combinateur est hors service. Les commandes des pistons au pieds ne répondent pratiquement plus.

### 1.5.7. Travaux à prévoir sur la traction des jeux et le combinateur.

#### *1.5.7.1. Électronique de commande*

La traction des jeux et le système de combinaisons ne peuvent en aucun cas ni être réparés ni améliorés tout en étant conservés. Seul un renouvellement intégral est envisageable.

Cela suppose un remplacement à neuf :

- De la console :
  - ➢ Claviers et pédalier et meuble
  - ➢ Des commandes de console : tirants de jeux, boutons, pistons, électronique, afficheurs
  - ➢ Des claviers et du pédalier.
- Du câblage général de l'orgue
- Des redresseurs pour passer en 24 Volts
- Des moteurs de jeux et de leurs cartes de commande.

Cela suppose la fourniture d'une unité centrale informatique qui gèrera conjointement la traction des notes et des jeux. L'électronique décrite pour la mécanique des notes intègre dans les systèmes actuels la gestion de la traction des jeux et du combinateur.

Un moteur de tirage de jeu est un moteur linéaire dont le fonctionnement aller et retour est contrôlé par une carte de commande qui reçoit un signal de commande à très basse puissance (12 V, 20 mA) et qui délivre une intensité au moteur de l'ordre de 1 A sous 12 V.

Les moteurs de jeu actuels consomment en moyenne un courant de 2 A sous 12 V DC. Ils seront remplacés par des moteurs de puissance équivalente qui consommeront 1 A sous 24 V DC. Le câblage de puissance de ces moteurs sera réalisé à partir de racks alimentant les cartes d'alimentation de chaque moteur de jeu ou électroaimant de façon séparée. Ceci contribuera à éliminer les branchements de moteurs en série qui sont actuellement constatés dans l'orgue. Ces câbles alimentant les groupes de moteurs peuvent véhiculer des courants pouvant totaliser environ 25 à 35 ampères sous 12V par groupes de moteurs de jeux. Avec le câblage envisagé, chaque moteur sera alimenté séparément à partir du rack sous 24 V limitant le courant par conducteur à 1 ampère, chaque moteur étant protégé indépendamment, la protection coupe pour une surcharge de 4 ampères, ce qui n'est pas possible si l'on a des conducteurs pour plusieurs moteurs dont les courant dépassent largement cette valeur.

#### *1.5.7.2. Équipement de console*

Claviers et pédaliers

Les claviers dont les touches sont en profilé aluminium terminés par une finition en bois avec placage ébène sont instables dimensionnellement et à ce titre inadaptés à recevoir des capteurs. Ils seront renouvelés. Le pédalier de l'orgue existant sera réemployé et restauré.

Commande des jeux

Le tirage des jeux sera remplacé à neuf en conservant le même type de design que les tirants existants.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.



Photo 23 : Exemple de solénoïdes de tirage de jeux (modèle anglais Taylor)

Pistons au pieds

De nouveaux pistons gèreront les appels d'accouplement, le combinateur.




Photo 24 : Exemple de piston avec ou sans fonction lumineuse (marque Heuss)

Écran de visualisation du combinateur

Ce système permet de visualiser l'état combinateur dont les combinaisons sont déterminées par espace utilisateur, séries et groupes.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.




Photo 25 : Exemple d'afficheur pour combinateur (Eltec)

Tableau de contrôle avec écran tactile

Cet élément est placé en tiroir dans la console et permet de gérer toutes les fonctions du système et le combinateur.




Photo 26 : exemple d'écran tactile intégré en tiroir

Boutons de commande des combinaisons insérées sous les claviers

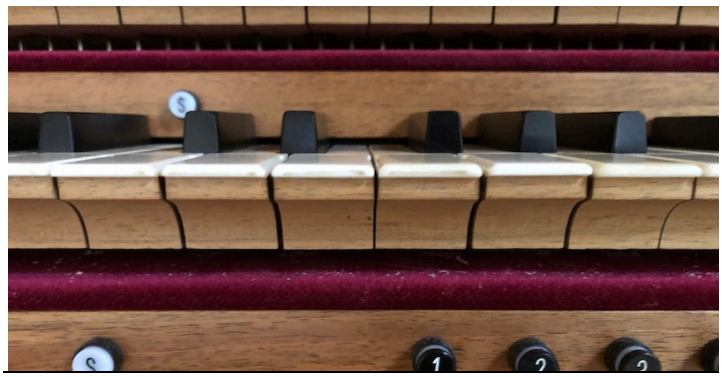


Photo 27 : exemple de boutons de commande pour les combinaisons

Actionneurs.

Pour le tirage des jeux il s'agit de moteurs solénoïdes de modèle comparable à ceux qui ont été remplacés dans l'orgue en 2009 et 2010. Ces moteurs agissent en traction sur les registres des sommiers.

Ces moteurs reçoivent les ordres de commande et leur commande de puissance à partir de cartes électroniques qui généralement sont placées à même sur les moteurs. Voir à ce sujet l'observation faite sur le cas des moteurs de positif § 4-5-4.

En passant en 24 Volts redressé, les intensités de ces moteurs seront réduites de moitié.

En regroupant par ailleurs les cartes dans une armoire avec une protection par cartes, on élimine les câbles devant véhiculer des dizaines d'Ampères dans différents endroits de l'orgue.

## 1.6. Variante : tirage de jeux de type pneumatique.

La technologie de tirage des jeux qui a été décrite au paragraphe précédent consiste en une solution toute électrique, avec moteurs solénoïdes.

Une variante à cette solution peut consister à installer un tirage de jeux pneumatique. Dans cette disposition, la partie commande reste identique avec la même électronique. En revanche les actionneurs sont alors des vérins pneumatiques. Le coût est comparable à la solution toute électrique.

Ce type de technologie présente des avantages vis-à-vis de la sécurité : plus de courant de puissance pour les vérins puisque ce circuit devient un circuit d'air comprimé et les seules commandes électrique se font à très basse intensité pour commander des servovalves de commande des vérins qui ont une force de traction supérieure à celle d'un moteur électrique. C'est par exemple le type de solution qui est mis en œuvre dans l'orgue de Notre Dame de Paris. Le redresseur de courant est remplacé par un compresseur.

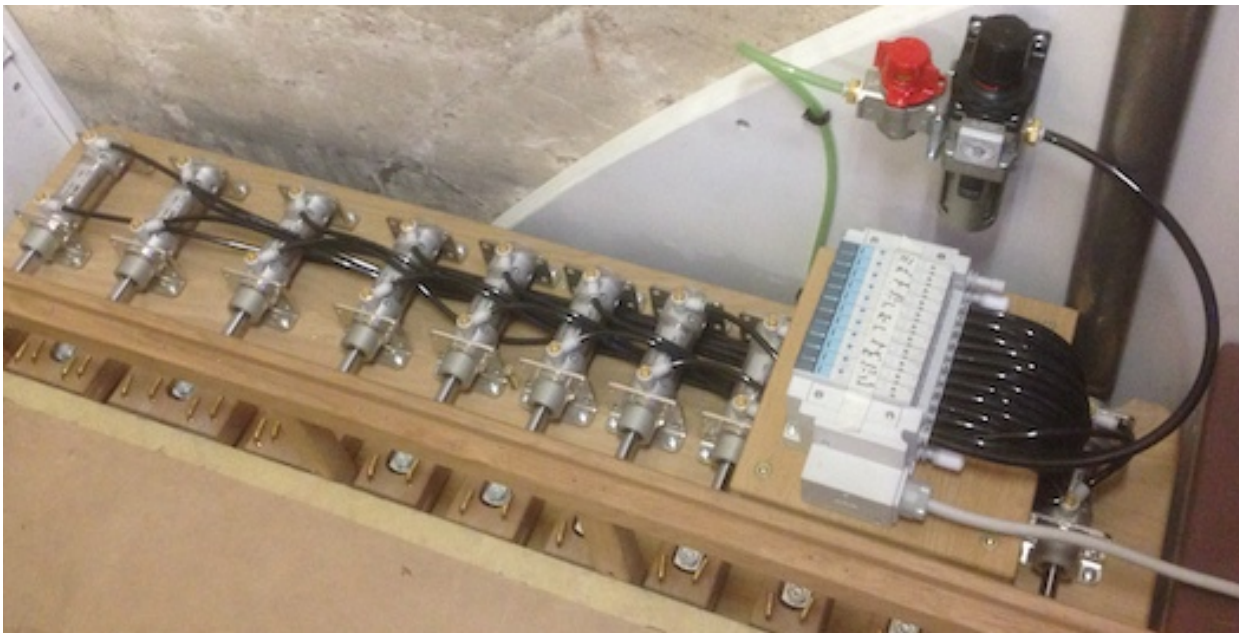


Photo 28 : Exemple de tirage de jeux par vérins pneumatiques avec servovalves de commande. (Orgue de Notre Dame de Paris).

Dans cette configuration il n'arrive qu'un seul câble multifilaire ne transportant sous 24 V que des mA pour piloter les cycles aller et retour des vérins.

Cette solution est moins couramment employée que la solution électrique dans la mesure où le compresseur et les circuits nécessitent plus de maintenance. Le compresseur doit être isolé phoniquement. Il s'agit en

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

tout cas d'une alternative envisageable et fiable qui se développe de plus en plus dans les orgues de grande taille. Il n'y a plus de risque électrique potentiel à ce niveau.

Le problème délicat est sans doute, pour le contexte de la Cathédrale de Nice, la difficulté d'avoir un local annexe qui permettrait au compresseur d'être parfaitement silencieux. Néanmoins cette hypothèse reste une option alternative sous réserve de garantir une isolation phonique correcte du compresseur.

## 1.7. Câblage électrique général

### 1.7.1. Câblage de l'alimentation des turbines

Il est apparu impératif de remplacer d'urgence le système de démarrage des deux turbines triphasées.

En termes de risques électrique, le système de démarrage s'est avéré extrêmement dangereux puisqu'il fallait ôter le capot du DRT et appuyer en s'isolant sur le mécanisme de déclenchement qui ne répondait plus avec le bouton extérieur.



Photo 29 : Etat du système de démarrage avant travaux de mise en sécurité

De plus au démarrage l'interrupteur placé à droite envoyait une gerbe d'étincelles résultant du fait que l'axe du bouton était endommagé.




Photo 30 : Nouveau coffret de commande de démarrage des turbines

Le nouveau coffret mis en place en août 2022 a donc permis d'éliminer un risque majeur relatif à la sécurité de fonctionnement de l'orgue et de l'utilisateur. Le moteur est donc protégé avec un disjoncteur magnéto-thermique à 25 ampères.

### 1.7.2. Câblage des éclairages de l'orgue

Le processus de remplacement du système de démarrage a également été l'occasion de remplacer les éléments du circuit de commande de l'éclairage intérieur de l'orgue avec de nouveaux tubes fluorescents.

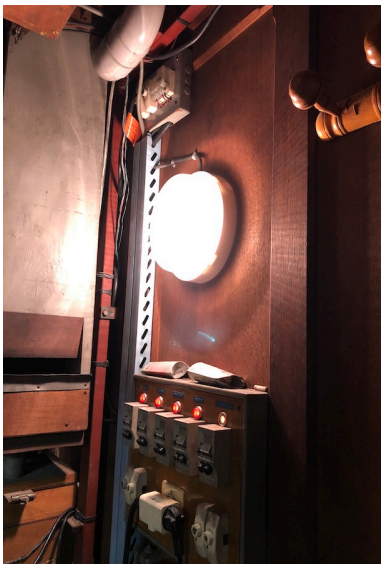



Photo 31 : tableau de commande des éclairages internes à l'orgue, état antérieur et après travaux de août 2022

### 1.7.3. Câblages divers

Il subsiste dans l'orgue de nombreux câbles qui n'ont pu être analysés et qu'il conviendra de purger autant que possible et dont de toute évidence la conformité laisse largement à désirer sur le point de vue de la sécurité.

Deux catégories de câbles peuvent être mis en évidence :

- Câbles et chemins de câbles traversant l'orgue sans relation avec celui-ci :

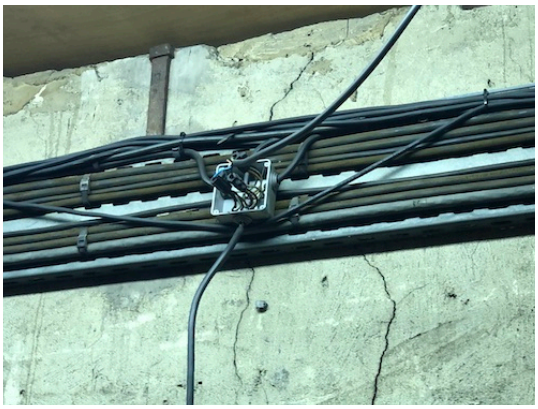



Photo 32 : Chemin de câbles et branchements divers au-dessus de la boite expressive du plan sonore de Récit

Le chemin de câbles est au départ convenable, puis il vient se greffer des câbles supplémentaires rapportés sur goulottes existantes, puis vient ensuite se greffer une boite de

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

dérivation non réglementaire qui relève d'un bricolage. Tout cet ensemble doit donc être revu complètement.

- Câbles et branchements divers identifiés ou non, vétustes, à purger ou remplacer :



Photo 33 : Exemple de câbles obsolète et de connexions hors normes.

## 1.8. Sommiers.

### 1.8.1. Grand orgue

Trois sommiers, au niveau de la ceinture du buffet, parallèles à la façade, dont :

- Deux sommiers pour les basses, disposition diatonique, basses aux extrémités : 1000 x 1595 mm2.



Photo 34 : Vue des soupapes d'un sommier de Grand orgue

- Un sommier pour les dessus, diatonique, en mitre, 1000 x 1670 mm2.

Fabrication Boisseau.

Ceinture en chêne.

Barrages probablement en sapin.

Chapes en bois exotique, registres en isorel. Soupapes en chêne.

Doubles gravures sur les sommiers des basses.

1.8.2. Récit

Même fabrication que les sommiers GO et même règle.

1.8.3. Positif

Deux sommiers diatoniques. Boisseau 1680 x 800 mm2.

Doubles gravures sur la première octave. (les gravures communiquent).



Photo 35 : Vue latérale de la laye du sommier de positif

1.8.4. Écho

Un sommier Boisseau 2100 x 690 mm2, chromatique avec ravalement de 9 notes.

1.8.5. Pédale

Deux sommiers chromatiques de construction Boisseau 1850 x 850 mm2, perpendiculaires à la façade de part et d'autre des sommiers GO.

Ces sommiers comportent 32 gravures pour 16 notes chacun. Les gravures sont alternées et inversées selon les jeux donnant deux mitres imbriquées :

Flûte 4, Gemshorn 2, Plein-Jeu V, Trompette 8, Ranquette 16 : basses à l'arrière dessus à l'avant vers la façade

Principal 4, Bombarde 16, Clairon 4 : Basses à l'avant, dessus vers l'arrière.

1.8.6. Sommiers de basses.

Un certain nombre de basses sont postées en dehors des sommiers à gravures. C'est le cas des basses de Bourdon 16 de Grand orgue postées en hauteur sur sommiers pneumatiques relais alimentés par tubes plastique depuis les gravures de même que les tuyaux des tourelles de façade.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.



Photo 36 : Moteurs pneumatiques de basses, Bourdon 16 Grand orgue côté Ut

Les basses des jeux de pédale sont sur sommiers électriques : Soubasse 16’ avec extension en 8’, d’une part et Flûte 16 d’autre part répartie sur plusieurs sommiers en fonction de la tessiture : en contrebas dans le soubassement pour les 8 premières basses puis au côté des sommiers de pédale pour la suite. Les basses de Quinte 10’2/3 sont également postée dans le soubassement (2*6 tuyaux) de même que les dessus de Flûte 4 de pédale (2*6 tuyaux).



Photo 37 : Bloc Moteur électrique de basses de Flûte 16, côté UT



Photo 38 : Bloc Moteur électrique de Quinte 10’2/3 et basses de Flûte 4

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

### 1.8.7. Diagnostic des sommiers.

***Diagnostic archéologique :***

Sommiers Boisseau de 1974.

***Diagnostic sanitaire :***

État de conservation globalement correct.

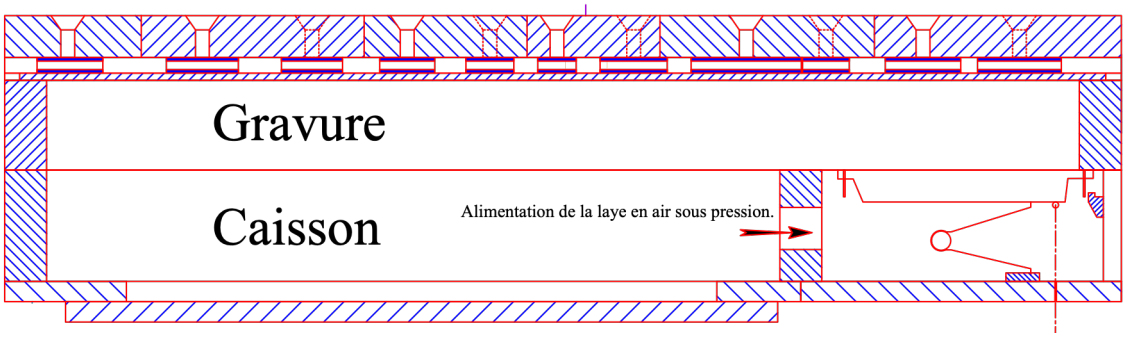
L'enchapage des sommiers à registres est à reprendre complètement.

***Diagnostic fonctionnel :***

Sommiers fonctionnels mais nécessitant une complète vérification et une amélioration de la technique d'enchapage.

### 1.8.8. Travaux préconisés sur les sommiers.

Les sommiers présentent actuellement une structure conforme au plan ci-dessous :




Extrait graphique 15 : Coupe de principe d'un sommier avec caisson sous les gravures

Des couvercles en bois figurent sous les caissons des sommiers. Il existe également des caches mettant en évidence que les entrées d'air dans les sommiers ont pu évoluer dans le temps.

Cette situation s'illustre ainsi par exemple pour le sommier de Récit, côté UT :




Photo 39 : Fond de sommier du plan de Récit, côté basses UT

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

Si l'on se réfère au rapport de travaux de François Delangue du 25/05/2010, les couvercles ont été mis en place à la place de toiles ou de peaux tendues :

« *… Les peaux sous les sommiers ne sont pas des anti-secousses mais en fait, devaient être prévus pour des régulations intégrées aux sommiers. Ce système n'a jamais fonctionné puisque les arrivées de vent ont été réalisées à un autre endroit des sommiers. De ce fait, il n'était pas utile de les remplacer. J'ai donc fourni et posé des pièces en bois en lieu et place de ces peaux.*

*Il n'y aura donc plus de soucis par la suite avec cela !*

*Lors du remontage des soufflets du positif de dos, (même système que les autres sommiers !) il s'est avéré qu'un phénomène de tremblements était généré (ce qui explique peut-être que les autres sommiers ont été déconnectés avec ce système !) par les régulations.*

*J'ai donc déconnecté ces régulations…* »

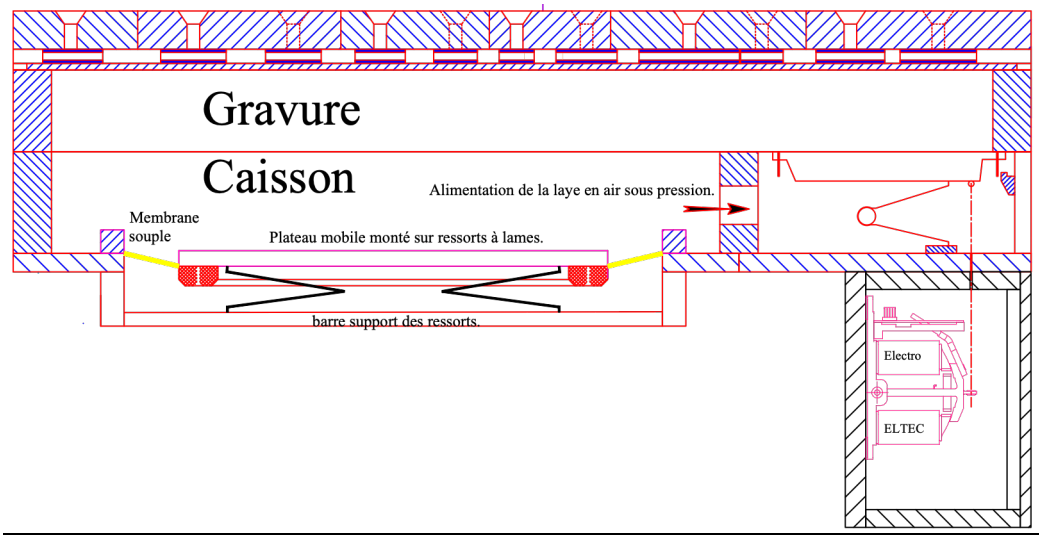
Ceci pose un certain nombre de questions.

François Delangue suppose que les sommiers étaient prévus pour recevoir des fonds anti-secousses, ce qui aurait été dans le sens de l'optimisation de la stabilité du vent. Pour nous de tels anti-secousses ne peuvent qu'être favorables à la qualité d'alimentation du vent. De plus ce système permet de limiter les volumes morts.

Si les facteurs n'avaient pas eu à l'esprit de réaliser ces antisecousses, on comprend mal pourquoi ils auraient installé de tels caissons.

On peut donc estimer que l'objectif des facteurs d'orgues était effectivement d'installer des systèmes anti-secousses. C'est pourquoi nous préconisons, au moins pour les sommiers de Grand orgue et de Récit, de doter les sommiers de tels systèmes.

La réalisation de ces antisecousses correspond à la représentation suivante :




Extrait graphique 16 : Coupe d'un sommier avec antisecousses et électroaimant proportionnel

En cas de brusque consommation d'air susceptible de créer une insuffisance de vent, le plateau monte dans le caisson sous l'action des ressorts et compense le manque de vent, évitant une instabilité du son. C'est donc ce type de dispositif qu'il est souhaitable d'installer dans les caissons prévus à cet effet.

Cette représentation du sommier inclut la pose de l'électroaimant de traction de la soupape, décrivant ainsi les modifications globales dont devraient bénéficier les sommiers des plans manuels de l'orgue.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

Concernant les sommiers de basses, il faut *a minima* les adapter au passage 12 -> 24 V, ce qui suppose de remplacer les électroaimants de commande et le câblage correspondant. En fonction de leur structure interne, il sera peut-être plus simple de les refaire intégralement à neuf.

## 1.9. La tuyauterie.

La tuyauterie est en majorité issue de l'atelier Boisseau, mais une partie des tuyaux de l'ancien orgue a été réintégrée.

La tuyauterie de l'orgue de la cathédrale de Nice est assez composite, contrairement à celle de l'ancien orgue de la Cathédrale de Monaco (avant sa récente reconstruction). La tuyauterie de Boisseau représente 66 % de l'ensemble.

Ce fait vient non pas d'un souhait d'ordre patrimonial dans les années 1970, mais plus certainement d'une volonté d'économie.

- Positif : 1102 tuyaux (100% Boisseau).
- Grand-Orgue : 1288 tuyaux. (65% Boisseau).
- Récit : 1207 tuyaux. (18% Boisseau).
- Écho : 604 tuyaux. (93% Boisseau).
- Pédale : 407 tuyaux.(55% Boisseau).
- TOTAL: 4608 tuyaux.

Tuyauterie Boisseau marquée au poinçon avec capitales cursives.

### 1.9.1. Détail de la tuyauterie.

#### *1.9.1.1. Grand-Orgue*

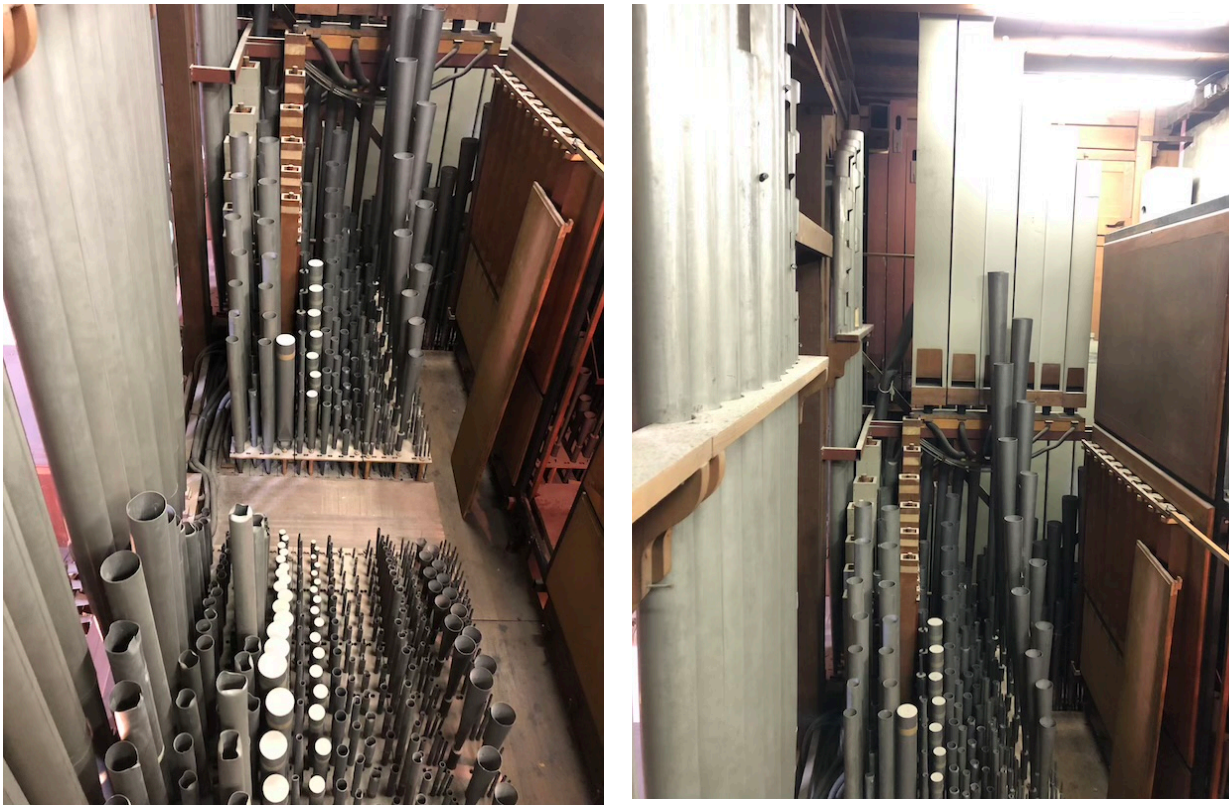


Photo 40 : Vue générale de la tuyauterie du plan sonore de Grand orgue

***Montre 16***

Basses en façade. sur moteur. 30 notes sur sommier. Coupé au ton. Ancienne Montre 16 pavillonnée, décalée d'½ t (C# ancien= C actuel) écussons imprimés. Note frappée. Oreilles courtes jusqu'à B4

***Bourdon 16***

32 tuyaux sur sommier. Calottes mobiles. Oreilles jusqu'à G5. C3 marqué : C 44 notes bourdon 8 pieds. Plus bas : marqué Bourdon Nice, progression ⅝.

Basses en sapin, blocs en chêne, bouches hautes. (les 12 premiers sont sur relais pneumatique).

Montre 8

44 tuyaux sur sommier. Même facture que M16. Même décalage

***Bourdon 8***

Première octave en bois, sapin, petite taille. À partir de C2 en métal, calottes mobiles, joints en papier. Oreilles jusqu'à G5. Écussons imprimés sur le pied. Spotted. Lèvre supérieure bombée.

***Flûte Harmonique 8***

44 tuyaux sur sommier. Même facture que M8 pour les tuyaux réels. Même taille que M16. Tuyaux harmoniques : autre facture, oreilles jusqu'à B3. 2 trous harmoniques à l'avant et à l'arrière. Aplatissage imprimé sur pied.

***Prestant 4***

Jeu entièrement sur sommier. Même facture que M16 et 8. Même décalage.

***Flûte 4***

C1 à F2 : tuyaux bouchés : C1 à G : bouchés, en métal avec tampons bois. Tuyaux RB : martelés, oreilles.

G#1 à F2 : bouchés avec cheminée. Calottes soudées. Oreilles.

F#2 à C3 : coniques avec oreilles. Tuyaux RB, martelés, en plomb, décalés d'½ ton. ?

C#3 à G5 : coniques, sans oreilles. Même facture que précédents.

***Grosse Tierce 3 ⅕***

Tuyaux RB en plomb martelé. Oreilles jusqu'à G2.

***Nazard 2 ⅔***

Tuyaux de récupération. Ancienne quinte décalée d'un ton.

***Doublette 2***

Tuyaux de récupération. Jeu anciennement pavillonné. Jeu très composite.

***Quarte 2***

C1 marqué quarter GO Nice. Oreilles sur la première octave. La taille grossit dans le medium. Nombreux tuyaux pincés. Pieds courts.

***Tierce 1 ⅗***

Tuyaux RB. Plomb martelé. Oreilles jusqu'à D2.

***Grosse Fourniture II***

Jeu RB

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

| C1 | C2 | F2 | C3 | F3 | C4 | F4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 1/3 | 2 | 2 2/3 | 4 | 5 1/3 | 8 | |
| 1 | 1 1/3 | 2 | 2 2/3 | 4 | 5 1/3 | |

***Fourniture III rgs***

Jeu RB

| C1 | C2 | F2 | C3 | F3 | C4 | F4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2/3 | 1 | 1 1/3 | 2 | 2 2/3 | 4 | |
| 1/2 | 2/3 | 1 | 1 1/3 | 2 | 2 2/3 | |
| 1/3 | 1/2 | 2/3 | 1 | 1 ⅓ | 2 | |

***Cymbale IV rgs***

Jeu RB

| C1 | C2 | F2 | C3 | F3 | C4 | F4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2/3 | 1 | 1 1/3 | 2 | 2 2/3 | 4 | 4 |
| 1/2 | 2/3 | 1 | 1 1/3 | 2 | 2 2/3 | 4 |
| 1/3 | 1/2 | 2/3 | 1 | 1 ⅓ | 2 | 2 2/3 |
| 1/4 | 1/4 | 1/2 | 2/3 | 1 | 1 ⅓ | 2 |

***Trompette 8***

Boites de C1 à F2. Entailles jusqu'à G2. Noyaux carrés de C1 à B1. Noyaux ronds avec bagues jusqu'à A4. Anches Bertounèche.

***Chamade 8***

Jeu RB, martelé. Jeu déposé en mauvais état de conservation (résultant des conditions actuelles de stockage) dans la basse jusqu'à C#3, tuyaux entreposés dans le soubassement ainsi que les supports.





Photo 41 : Tuyaux et supports de chamade déposés

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

***Chamade 4***

Jeu RB, martelé. Reprise en 8 à G4. Jeu déposé dans la basse jusqu'à C#3, tuyaux entreposés dans le soubassement ainsi que les supports.

### *1.9.1.2. Positif*

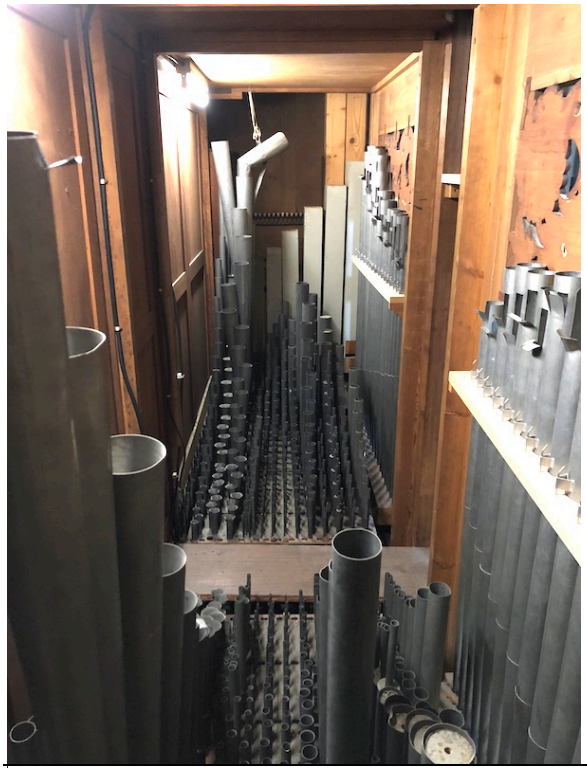


Photo 42 : Vue générale de la tuyauterie du plan sonore de Positif

***Montre 8***

28 tuyaux sur sommier. -Coupés au ton. Sur premier tuyau sur sommier (E3) marqué : Doublette Positif Amboise.

Oreilles, métal martelé. Tuyaux RB. Nouvelles attaches mises en place par Delangue.

***Flûte 8 (F#2)***

38 tuyaux sur sommier. Tuyaux RB. Plomb martelé. Oreilles. Décalé d'1/2 ton (prévu initialement pour commencer au F).

***Bourdon 8***

Première octave en sapin. C2 à B2, métal martelé, avec tampons en bois et garniture en coton.

C2 marqué (frappé) C# et Bourdon 8 Écho Nice. Oreilles et dents fines. Corps et pieds en plomb. C3 à G5 : avec cheminées, calottes soudées, oreilles, pas de dent. C3 = C#. Cheminées longues. Tuyaux RB.

***Prestant 4***

40 tuyaux sur sommier : premier sur sommier E2 marqué D#. Tuyaux RB. Oreilles.

***Flûte 4***

Première octave idem seconde octave Bourdon 8. C pour C. Tuyaux RB. G#4 à G5: tuyaux coniques, ouverts, coupés au ton.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

***Nazard 2 ⅔***

Tuyaux RB. Les 8 premiers bouchés métal martelé avec tampons bois. Le reste ouvert, coupé au ton. C pour C. Oreilles jusqu'à G4.

***Doublette 2***

Tuyaux RB. Coupés au ton. Métal martelé. Oreilles. Pas de dent. C pour C. Tuyaux RB. C1 marqué : Doublette Pos Nice.

***Tierce 1 ⅗***

Jeu RB. Plomb martelé. Oreilles. Dents fines dans les basses. E pour E.

***Larigot 1 ⅓***

Principalisant. Corps étain martelé, pieds en plomb martelé. Coupé au ton. Pas d'oreilles. Jeu marqué : Larigot Positif. Nice.

***Mixture VII rgs***

Un rang est rendu muet par enfoncement de la lèvre inférieure. Sur deux registres séparés (de part et d'autre des anches).

| **C1** | **C2** | **F#2** | **C3** | **F#3** | **C4** | **F4** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 ⅓ | 2 | 2 ⅔ | 4 | 8 | |
| 2/3 | 1 | 1 ⅓ | 2 | 2 ⅔ | 4 | |
| 1/2 | 2/3 | 1 | 1 1/3 | 2 | 2 2/3 | |
| 1/3 | 1/2 | 2/3 | 1 | 1 1/3 | 2 | |
| 1/2 | 2/3 | 1 | 1 1/3 | 2 | 2 2/3 | 4 |
| 1/3 | 1/2 | 2/3 | 1 | 1 1/3 | 2 | 2 2/3 |
| 1/4 | 1/3 | 1/2 | 2/3 | 1 | 1 ⅓ | 2 2/3 |

***Trompette 8***

Les 5 premiers pavillons en demi-longueur. Métal martelé pauvre. C1 à F2 sur boite. C1 à B1 noyaux carrés. Ensuite noyaux ronds avec bagues jusqu' à B4. Pas de reprise. Anches à bec. Tuyaux RB.

***Clairon 4***

Même facture que précédent. Tous les pavillons sont évasés.

***Cromorne 8***

Jeu Robert Boisseau.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

### *1.9.1.3. Récit Expressif*

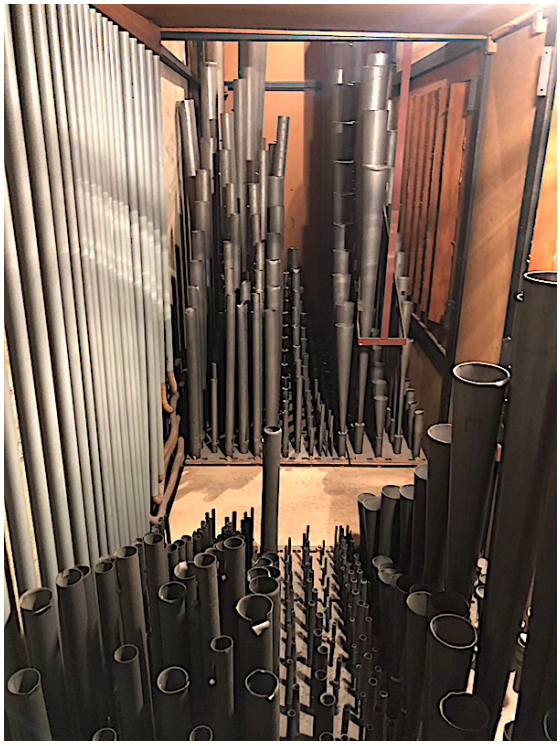


Photo 43 : Vue générale de la tuyauterie du plan sonore de Récit.

***Principal 8***

Même facture que Montre 8 GO. Encoches ressoudées. C pour C (sans décalage). Sur sommier à F1. Les basses sont en bois, et postées à l'extérieur de la boite.

***Gambe 8***

Même facture que Montre 8 GO. Freins harmoniques par lames de laiton. Basses en métal.

***Voix Céleste 8***

Idem Gambe 8.

***Flûte Harmonique 8***

Même facture que Montre 8 GO.

***Principal 4***

Ancien Salicional type Masure, recoupé avec compléments dans dessus.

***Flûte Octaviante 4***

Jeu en spotted.

***Octavin 2***

Jeu 19 S., même facture que précédent.

***Quinte 2 ⅔***

De C1 à B2 : bouchés, en métal, avec calottes mobiles et cheminée. Spotted. Jeu de récupération décalé d'½ ton.

***Tierce 1 ⅗***

Idem Octavin.

***Plein-Jeu V rgs***

Jeu RB

| C1 | C2 | C3 | C4 | F4 |
|---|---|---|---|---|
| 1 ⅓ | 2 | 2 ⅔ | 4 | |
| 1 | 1 ⅓ | 2 | 2 2/3 | |
| 2/3 | 1 | 1 1/3 | 2 | |
| 1/2 | 2/3 | 1 | 1 ⅓ | |
| 1/3 | 1/2 | 2 | 1 | |

***Cornet V rgs***

Posté sur le plafond de la boite expressive. Jeu RB. Rang de 8 avec calottes soudées et cheminées. 4 et suivants, ouverts, coupés au ton. Métal martelé. Pièce gravée prévue pour commencer au F2.



Photo 44 : Vue d'ensemble du jeu de Cornet de Récit, posté hors boite expressive.

***Bombarde 16***

Première octave acoustique et martelée. Ensuite, idem Trompette.

***Trompette harm. 8***

Reprise harmonique à F4. Même facture que GO.

***Clairon 4***

Idem précédent avec reprise en 8 au F#4. (sic)

***Hautbois 8***

Jeu 19$^{e}$ S. Anches Bertounèche pour la partie hautbois. Anches à larmes pour le basson.

***Voix Humaine 8***

Anches à larmes. Couvercles avec calottes mobiles. Noyaux oxydés.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

### *1.9.1.4. Écho*



Photo 45 : Vue générale de la tuyauterie du plan sonore d'Écho

***Bourdon 8***

Première octave, en bois non peint. C2 à B2, jeu RB, métal martelé, bouché par tampons en bois. C3 à G5 : calottes soudées, avec cheminées. Oreilles jusqu'à G5. Bouches arrondies dans le medium.

***Quintaton 8***

Basses communes avec le Bourdon 8. Freins rouleaux ou à lames jusqu'à E3. Calottes mobiles jusqu' à G5. Joints en papier.

***Flûte 4***

Jeu cônique, RB. Coupé au ton. C1 marqué : flûte 4 Nice Écho.

***Doublette 2***

Jeu RB. Coupé au ton. Martelé. C pour C.

***Sifflet 1***

Même facture que précédent.

***Cymbale II rgs***

| **C1** | **F2** | **F3** | **F4** |
|---|---|---|---|
| 2/3 | 1 | 1 ⅓ | 2 |
| ½ | 2/3 | 1 | 1 1/3 |

Jeu RB

***Nazard 2 ⅔***

Jeu RB. Coupé au ton, ouvert. G pour G.

***Tierce 1 ⅗***

Même facture que précédent.

***Régale 8***

Pavillons coniques. Noyaux carrés. Anches à bec.

Jeu RB.

***Chalumeau 4***

Corps de Cromorne 8. Jeu RB. Dernière octave en 4 pieds de fonds.

### *1.9.1.5. Pédale*



Photo 46 : Vues générale de la tuyauterie de Pédale, côté UT

***Bourdon 32***

C1 à B1 : flûte 16 + Quinte 10 ⅔.

2*6 basses bouchées en soubassement

***Flûte 16***

Jeu réel. En bois.

En partie jeu de Serrassi.

2*6 dessus en soubassement à côté du 10’2/3

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

***Soubasse 16***

Jeu en bois. Extension pour Bourdon 8

***Flûte 8***

Jeu réel en bois. Jau actuellement complètement hors service.

***Bourdon 8***

Jeu en bois, extension sur Soubasse 16.

***Prestant 4***

Jeu réel, en métal.

***Gemshorn 2***

Jeu conique.

***Plein-Jeu V rgs***

**C1**

5 1/3

4

2 2/3

2

1 1/3

Jeu sans reprise, Tuyaux en majorité RB, les premières notes du rang grave sont bouchées.

***Bombarde 16***

Jeu composite, Les pavillons des basses très affaissées s'écroulent les uns sur les autres.

***Trompette 8***

Idem.

***Clairon 4***

Jeu composite.

***Ranquette 16***

Jeu RB, en métal martelé. Anches à larme, étamées. Corps avec bagues coulissantes.

1.9.2. Diagnostic de la tuyauterie.

***Diagnostic archéologique :***

Mis à part une partie restreinte de tuyaux réemployés de l'orgue précédant, la tuyauterie est très majoritairement de Robert Boisseau : 4270 tuyaux environ sur un total de 4608 tuyaux.

***Diagnostic sanitaire :***

État de conservation globalement correct à l'exception de quelques jeux plus impactés : Bombarde de pédale très affaissé faute de système suffisants de soutien, tuyaux de chamade déposés mal stockés et déformés, divers tuyaux tordus et notamment au niveau des jeux de pédale côté Ut. Ces tuyaux en mauvais état ne dépassent pas 5% de l'effectif total de tuyaux et sont parfaitement restaurables.

***Diagnostic fonctionnel :***

L'ensemble de la tuyauterie est fonctionnel, excepté les tuyaux déposés ou endommagés.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.

### 1.9.3. Harmonie et accord.

L'orgue n'est plus accordé aujourd'hui compte tenu de son état actuel : empoussièrement, manque d'entretien, et abandon de son usage durant quelques années.

L'orgue est accordé au tempérament égal.

En ce qui concerne l'harmonie, elle a été essentiellement établie par Jean-Loup Boisseau. Nous avons recueilli le témoignage de du facteur d'orgue Bertrand Cattiaux qui dans la première partie de sa carrière a travaillé avec Jean-Loup Boisseau et qui a débuté sa formation de facteur d'orgue dans l'atelier Robert Boisseau. Bertrand Cattiaux a eu l'occasion dans son apprentissage de travailler dans l'orgue de la Cathédrale de Nice.

Bertrand Cattiaux nous a apporté les renseignements suivants :

Si Pierre Cochereau a été l'instigateur de la reconstruction de l'orgue de la Cathédrale de Nice, il ne s'est pas impliqué outre mesure dans le suivi du projet de reconstruction, faisant une totale confiance à la maison Boisseau qu'il soutenait et qui avait travaillé à Notre Dame de Paris.

Jean-Loup Boisseau était à l'époque dans ce projet complètement sous l'influence des travaux de restauration que l'atelier Boisseau avait menés à l'orgue Alexandre Clicquot de l'église de Houdan dans les Yvelines quelques années plus tôt (1969). Cette rencontre avec cet orgue hautement historique, illustrant pleinement l'orgue classique français était un guide inspirant pour l'harmoniste. Il en résulte que Jean-Loup Boisseau s'est surtout investi dans le traitement sonore des jeux du positif et du quatrième clavier. En ce qui concerne le plan de Récit expressif, Jean-Loup Boisseau était moins motivé et a travaillé de façon plus superficielle sur l'harmonie. En ce qui concerne le plan sonore de Grand orgue, le recours au réemploi a également conduit à des concessions sur ce plan sonore, sans doute également pour des motifs économiques. Quelques jeux ont été établis avec du réemploi dont la qualité n'est pas au niveau du reste de la tuyauterie. Il suffit d'ailleurs de le constater dans l'inventaire de la tuyauterie. Plusieurs jeux sont hétérogènes, retaillés à partir de matériels par toujours adaptés issus de l'orgue de Martella ou de fonds de tuyaux de récupération divers (Principaux, Nazard, Doublette).

Selon Bertrand Cattiaux, il serait très bénéfique de remettre en cause quelques jeux du Grand orgue trop hétérogènes pour avoir un plan sonore à la hauteur des autres plans sonores. Cette remarque vaut également, à un degré moindre, pour le plan sonore de Récit.

### 1.9.4. Travaux à envisager sur la tuyauterie.

Globalement les tuyaux étant majoritairement bien conservés leur restauration sera relativement simple.

Les géométries des bouches seront vérifiées, ayant pu dériver sous l'effet des accords successifs. Les corps déformés seront redressés.

Environ 250 à 300 tuyaux sur les 4608 tuyaux recensés de l'orgue mériteront une restauration approfondie : Tuyaux de chamade, Basses d'anche à la pédale (Bombarde notamment) plus d'autre tuyaux isolés dans les différents plans sonores.

Amélioration de quelques jeux : les jeux hétérogènes de récupération devront être soit retravaillés en harmonie, soit remplacés. Sur ce sujet il n'existe pas une solution unique. Différents facteurs d'orgues pourront proposer, en fonction de leur sensibilité soit de retravailler (par décalage de tailles, modification de hauteurs de bouches, remplacement de biseaux, etc), soit de remplacer un jeu ou une partie d'un jeu donné. Plutôt que d'imposer une solution à ce stade qui pourrait être considérée comme arbitraire, il apparait préférable de laisser un marge d'appréciation aux facteurs d'orgues qui seront amenés à se pencher sur l'instrument. Lors d'une consultation en vue du

relevage de l'orgue, il sera plus intéressant de laisser les candidats proposer leur approche personnelle sur cette partie artistique du travail à réaliser. Pour le maitre d'ouvrage ce sera aussi un moyen de pouvoir apprécier la motivation et la créativité des candidats facteurs d'orgues face à un tel travail.

Il apparait en tous cas qu'une dizaine de jeux pourrait être concernée par cette approche, soit pour qu'ils soient partiellement ou intégralement remplacés ou retravaillés en l'état.

C'est pourquoi il apparait ici indiqué de prévoir une provision financière sur ce poste des travaux, en définissant aux facteurs d'orgues des objectifs à atteindre plutôt que des spécifications précises d'une solution prédéfinie.

© **Eric Brottier** Technicien-conseil agréé par le ministère de la Culture.