

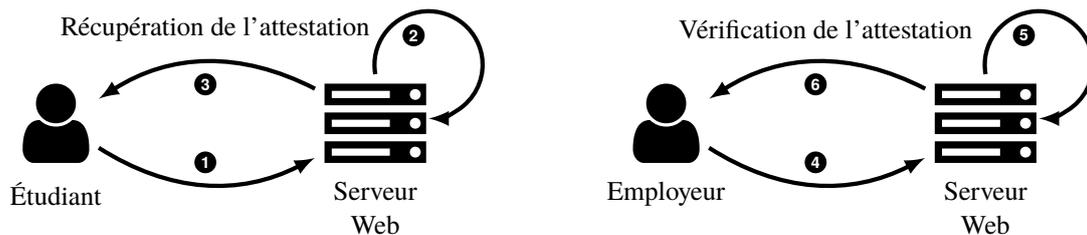
Authentification, Web sécurisé & Stéganographie

Une société de certification **CertifPlus** vous a contacté pour mettre en œuvre leur procédé de **diffusion électronique sécurisée d'attestation de réussite** aux certifications qu'elle délivre.

Il faut garantir l'**authenticité** de l'attestation délivrée de manière électronique sous forme d'image :

- ▷ l'image contient une information **visible** :
  - ◊ le **nom de la personne** recevant l'attestation de réussite ;
  - ◊ le **nom de la certification** réussie ;
  - ◊ un QRcode contenant la **signature de ces informations** ;
- ▷ l'image contient une information **dissimulée** :
  - ◊ une information infalsifiable est dissimulée par **stéganographie** dans l'image. Cette information reprend les informations visibles de l'attestation ainsi que la date de délivrance garantie par un « *timestamp* » signé par une autorité d'horodatage « *www.freetsa.org* ».

La société conçoit ce procédé sous forme d'un Webservice ou Application Web, c-à-d un serveur TCP utilisant le protocole HTTP, supportant différentes requêtes :



1. la requête de récupération de l'attestation :

- ◊ `http://localhost:8080/certificat`
  - requête POST **1** contenant les informations de l'étudiant ;
  - une image en réponse **3** ;
- ◊ le Webservice traite la demande de délivrance d'attestation **2** :
  - \* récupération du nom, prénom, intitulé de la certification ;
  - \* réalise signature de ces informations avec la date de demande ;
  - \* obtention d'un « *timestamp* », ou estampille temporelle auprès du tiers horodateur ;
  - \* dissimulation de cette estampille par stéganographie dans l'image et intégration de la signature dans le QRcode ;
  - \* retourne l'image en réponse **3** ;

2. la requête de vérification de l'attestation :

- ◊ `http://localhost:8080/verification`
  - requête POST **4** contenant l'image de l'attestation ;
  - une réponse « *certifié* » ou « *attestation erronée* » **5** ;
- ◊ le Webservice traite la demande de vérification de l'attestation :
  - \* extrait et l'estampille dissimulée dans l'image par stéganographie ;
  - \* vérifie la signature codée dans le QRcode.

La société CertifPlus, va se comporter en tant qu'« Autorité de Certification » pour se délivrer des certificats suivant les usages dont elle aura besoin pour réaliser son service.



## Le web service

Pour la réalisation du Webservice, nous utiliserons le « *micro-framework* » `bottle` disponible sous forme d'une bibliothèque Python 3 :

```
xterm
~/ $ python3 -m pip install bottle
```

Le programme Python réalisant la gestion des différentes requêtes demandées :

```
#!/usr/bin/python3
from bottle import route, run, template, request, response

@route('/creation', method='POST')
def création_attestation():
    contenu_identité = request.forms.get('identite')
    contenu_intitulé_certification = request.forms.get('intitule_certif')
    print('nom prénom :', contenu_identité, ' intitulé de la certification :',
          contenu_intitulé_certification)
    response.set_header('Content-type', 'text/plain')
    return "ok!"

@route('/verification', method='POST')
def vérification_attestation():
    contenu_image = request.files.get('image')
    contenu_image.save('attestation_a_verifier.png', overwrite=True)
    response.set_header('Content-type', 'text/plain')
    return "ok!"

@route('/fond')
def récupérer_fond():
    response.set_header('Content-type', 'image/png')
    descripteur_fichier = open('fond_attestation.png', 'rb')
    contenu_fichier = descripteur_fichier.read()
    descripteur_fichier.close()
    return contenu_fichier

run(host='0.0.0.0', port=8080, debug=True)
```

le type MIME d'une réponse au format texte

la requête « /fond » montre comment renvoyer une image

Vous pouvez avoir un warning de la part du programme ⇒ ignorer

Pour faire les requêtes, nous utiliserons l'outil `curl` :

▷ pour l'envoi des données de l'étudiant :

```
xterm
~/ $ curl -X POST -d 'identite=toto' -d 'intitule_certif=SecuTIC' \
http://localhost:8080/creation
```

▷ pour la requête de vérification et l'envoi de l'image :

```
xterm
~/ $ curl -v -F image=@fond_attestation.png http://localhost:8080/verification
```

▷ pour une requête récupérant en réponse une image :

```
xterm
~/ $ curl -v -o mon_image.png http://localhost:8080/fond
```

Pendant ce temps sur le Webservice :

```
xterm
~/ $ python3 serveur_web.py
Bottle v0.12.19 server starting up (using WSGIRefServer())...
Listening on http://0.0.0.0:8080/
Hit Ctrl-C to quit.

nom prénom : toto intitulé de la certification : SecuTIC
127.0.0.1 - - [30/Mar/2021 13:48:22] "POST /creation HTTP/1.1" 200 3
```

pour la requête :

```
xterm
~/ $ curl -X POST -d 'identite=toto' -d 'intitule_certif=SecuTIC' \
http://localhost:8080/creation
```

Attention

- Vous adapterez et combinerez ces exemples dans le cas de votre projet.
- Vous écrirez des scripts pour faciliter la manipulation des commandes `curls` et afin de les intégrer dans l'archive finale de votre projet.

Le code à ajouter dans le code du Webservice :

- ★ dans la fonction `vérification_attestation()` gérant la route «`/verification`» :
  - ◇ lit l'image soumise et récupère le contenu dissimulé par stéganographie :

Nom Prénom || Intitulé certification || timestamp

Où l'opérateur `||` désigne la concaténation.  
Le nom et prénom, ainsi que l'intitulé de la certification devront être complétés afin d'obtenir une chaîne de 64 caractères.  
Le «`timestamp`» a une taille fixe de  $n$  octets, dépendant de la taille de clé utilisée par le service d'horodatage.
  - ◇ découpe le contenu en deux parties : informations sur 64 octets et estampille sur  $n$  octets ;
  - ◇ vérifie le «`timestamp`» par rapport à l'AC d'horodatage ;
  - ◇ récupère la partie QRcode de l'image pour récupérer la signature des données ;
  - ◇ vérifie la signature de la partie informations avec la clé publique de CertifPlus ;
  - ◇ retourne le résultat de cette vérification.
- ★ dans la fonction `création_certificat` associée à la route `/creations` :
  - ◇ récupération du nom et prénom de l'étudiant, ainsi que de l'intitulé de la certification, .
  - ◇ création de l'image :
    - ★ utilisation d'un fond contenant un tracé infalsifiable obtenu à partir d'un SpirographEnigma2018 : [http://p-fb.net/fileadmin/fond\\_attestation.png](http://p-fb.net/fileadmin/fond_attestation.png)
    - ★ intégration d'un QRCode contenant la **signature** que vous aurez converties au format ASCII ;
    - ★ intégration du texte Nom Prénom et intitulé de la certification.



- ◇ construction du bloc d'informations (Nom Prénom, Intitulé certification)
- ◇ dissimulation par stéganographie du bloc d'information et du «`timestamp`» dans l'image ;
- ◇ ajout du QRcode contenant la signature de ce bloc avec la clé privée de CertifPlus,
- ◇ fourniture de l'image en réponse.

### ■■■ Travail à réaliser

- créer une AC avec une configuration bien choisie délivrant des cartificats utilisant les **Courbes Elliptiques** (voir le travail réalisé dans la fiche de TP n°5) ;
- créer un certificat permettant la signature ;
- choisir un algorithme de signature et déduire la taille  $n$  de la signature ;
- ajouter le code chargé de traiter les données soumises par l'utilisateur dans la fonction `création_certificat` :
  - ◇ construction du bloc d'informations à insérer dans l'image (concaténations et signature) ;
  - ◇ insertion de ce bloc par stéganographie et envoi sécurisé de l'image obtenue ;
- ajouter le code d'extraction de preuve permettant de vérifier l'attestation dans la fonction `vérification_certificat` :
  - ◇ récupération des données dissimulées par stéganographie ;
  - ◇ récupération du QRCode et vérification de la signature ;
  - ◇ renvoi du résultat.

## ■■■ Opérations graphiques

Pour réaliser :

- la génération du texte à combiner dans l'image finale à l'aide du webservice « Chart API » fournie par Google à l'aide d'une requête réalisée avec l'outil CURL :

```
xterm
$ texte_ligne="Attestation de réussite|délivrée à P-F.B"
$ curl -o texte.png "http://chart.apis.google.com/chart" --data-urlencode
"chst=d_text_outline" --data-urlencode
"chld=000000|56|h|FFFFFF|b|${texte_ligne}"
```

L'utilisation du symbole « | » permet de faire un retour à la ligne. L'image est stockée au format PNG dans « texte.png ».

- le redimensionnement avec ImageMagick :

```
xterm
$ mogrify -resize 1000x600 texte.png
```

- pour la création du QRcode vous utiliserez les bibliothèques suivantes :

```
xterm
$ sudo apt install python3-pip
$ python3 -m pip install qrcode numpy Pillow
$ python3 -m pip opencv-python
```

Pour l'utiliser vous utiliserez la méthode suivante :

```
import qrcode

data = "https://p-fb.net/"
nom_fichier = "qrcode.png"
qr = qrcode.make(data)
qr.save(nom_fichier, scale=2)
```

Un fichier « qrcode.png » doit avoir été créé dans votre répertoire courant.

- la combinaison des images en l'image finale avec ImageMagick :

```
xterm
composite -gravity center texte.png fond_attestation.png combinaison.png
composite -geometry +1418+934 qrcode.png combinaison.png attestation.png
```

- pour récupérer la partie de l'image contenant le QRcode :

```
from PIL import Image

attestation = Image.open(fileName)
qrImage = attestation.crop((1418, 934, 1418+210, 934+210))
qrImage.save("qcoderecupere.png", "PNG")
```

- pour récupérer les données contenues dans le QRcode, il faudra installer les bibliothèques suivantes :

```
xterm
$ sudo apt install libzbar0 libzbar-dev
$ python3 -m pip install zbarlight
```

Puis pour l'utiliser :

```
import zbarlight
from PIL import Image

image = Image.open("qrcode_maousse.png")
data = zbarlight.scan_codes(['qrcode'], image)
```

## ■ ■ ■ Stéganographie

Le programme suivant dissimule ou récupère les données en modifiant les bits de poids faible de la composante rouge de l'image.

```
#!/usr/bin/python3

from PIL import Image

def vers_8bit(c):
    chaine_binaire = bin(ord(c))[2:]
    return "0"*(8-len(chaine_binaire))+chaine_binaire

def modifier_pixel(pixel, bit):
    # on modifie que la composante rouge
    r_val = pixel[0]
    rep_binaire = bin(r_val)[2:]
    rep_bin_mod = rep_binaire[:-1] + bit
    r_val = int(rep_bin_mod, 2)
    return tuple([r_val] + list(pixel[1:]))

def recuperer_bit_pfaible(pixel):
    r_val = pixel[0]
    return bin(r_val)[-1]

def cacher(image,message):
    dimX,dimY = image.size
    im = image.load()
    message_binaire = ''.join([vers_8bit(c) for c in message])
    posx_pixel = 0
    posy_pixel = 0
    for bit in message_binaire:
        im[posx_pixel,posy_pixel] = modifier_pixel(im[posx_pixel,posy_pixel],bit)
        posx_pixel += 1
        if (posx_pixel == dimX):
            posx_pixel = 0
            posy_pixel += 1
        assert (posy_pixel < dimY)

def recuperer(image,taille):
    message = ""
    dimX,dimY = image.size
    im = image.load()
    posx_pixel = 0
    posy_pixel = 0
    for rang_car in range(0,taille):
        rep_binaire = ""
        for rang_bit in range(0,8):
            rep_binaire += recuperer_bit_pfaible(im[posx_pixel,posy_pixel])
            posx_pixel +=1
            if (posx_pixel == dimX):
                posx_pixel = 0
                posy_pixel += 1
        message += chr(int(rep_binaire, 2))
    return message

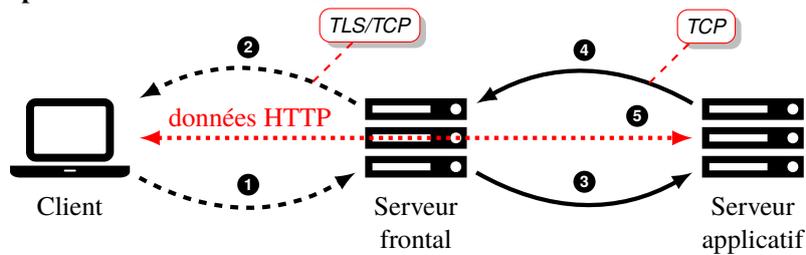
# Valeurs par default
nom_default = "image_test.png"
message_default = "Hello world"
choix_default = 1

# programme de demonstration
saisie = input("Entrez l'operation 1) cacher 2) retrouver [%d]"%choix_default)
choix = saisie or choix_default

if choix == 1:
    saisie = input("Entrez le nom du fichier [%s]"%nom_default)
    nom_fichier = saisie or nom_default
    saisie = input("Entrez le message [%s]"%message_default)
    message_a_traiter = saisie or message_default
    print ("Longueur message : ",len(message_a_traiter))
    mon_image = Image.open(nom_fichier)
    cacher(mon_image, message_a_traiter)
    mon_image.save("stegano_"+nom_fichier)
else :
    saisie = input("Entrez le nom du fichier [%s]"%nom_default)
    nom_fichier = saisie or nom_default
    saisie = input("Entrez la taille du message ")
    message_a_traiter = int(saisie)
    mon_image = Image.open(nom_fichier)
    message_retrouve = recuperer(mon_image, message_a_traiter)
    print (message_retrouve)
```

*Vous adapterez ce code à votre programme en utilisant la taille du bloc d'informations + celle du timestamp pour paramétrer la récupération automatique des données.*

## ■ ■ ■ Pour la mise en place de la connexion TLS



En **exploitation** dans le réseau d'une entreprise comme au sein du « Cloud », le serveur applicatif qui s'occupe de traiter les requêtes est rarement « *exposé* » directement sur Internet :

- ▷ un serveur **frontal** est utilisé pour gérer la connexion avec le client ;
- ▷ ce serveur est accessible par Internet :
  - ◊ il reçoit la connexion du client sur le nom DNS et l'adresse IP connue par ces clients **1** ;
  - ◊ il utilise un certificat pour établir une connexion sécurisée TLS sur TCP **2** ;
 ⇒ le client authentifie le serveur avec l'AC utilisée pour le certificat du serveur.
- ▷ une fois la connexion établie, la requête HTTP est transmise au serveur applicatif qui la traite :
  - ◊ le serveur applicatif est dans le réseau de l'entreprise ou dans le « cloud » ;
  - ◊ une connexion TCP s'établit entre le serveur **frontal** et ce serveur applicatif **3** ;
  - ◊ le serveur frontal relaie la requête HTTP et les données reçues par TLS/TCP depuis le client, dans la connexion établie avec le serveur applicatif **5** ;
  - ◊ la réponse du serveur applicatif est ensuite relayée jusqu'au client au travers de la connexion TLS par le serveur frontal **5**.

Le serveur **frontal** :

- ▷ sert de « *reverse proxy* » : il peut analyser le contenu pour faire de la protection contre des attaques sur HTTP et les serveurs applicatifs ;
- ▷ sert de « *load balancer* » : il peut rediriger vers différents serveurs applicatifs dont le nombre peut augmenter en fonction de l'afflux de clients pour traiter tous ces clients ;
- ▷ gère la partie cryptographique liée à TLS :
  - ◊ il décharge le serveur applicatif de cet effort et bénéficie d'éléments de qualité (entropie, paramètres des algorithmes cryptographiques) ;
  - ◊ il peut être mis à jour dès qu'une faille de sécurité est découverte ;
  - ◊ il peut bénéficier de protection contre les « *DoS* », les attaques « *brute force* » ;
  - ◊ sa sécurité est la responsabilité de l'hébergeur ou « *cloud provider* » indépendamment de l'application Web.

⇒ **Attention** : le serveur frontal n'est pas suffisant pour protéger l'application Web qui peut souffrir de vulnérabilités propres.

*En pratique, les attaques sur l'infrastructure du Cloud sont plus rares que celles sur les applications Web.*

Dans notre cas nous utiliserons un simple relais « *TLS/TCP* » ⇔ « *TCP* » avec socat :

```
xterm
~/ $ socat \
openssl-listen:9000,fork,cert=bundle_serveur.pem,cafile=ecc.ca.cert.pem,verify=0 \
tcp:127.0.0.1:8080
```

- le paramètre `cert=` est un fichier texte contenant à la fois la clé privée et le certificat du serveur :

```
xterm
~/ $ cat ecc.serveur.key.pem ecc.serveur.pem > bundle_serveur.pem
```

- l'accès au Webservice ou application Web se fait maintenant en TLS et sur le port 9000 :

```
xterm
~/ $ curl -v -X POST -d 'identite=toto' -d 'intitule_certif=SecuTIC' --cacert \
ecc.ca.cert.pem https://localhost:9000/certificat
```

**Attention** : l'identité donnée dans le certificat doit être localhost (CN = localhost).

- la commande `socat` doit s'exécuter en même temps que le script Python du serveur Web.

■ ■ ■ **Travail à soumettre pour l'évaluation en binôme (trinôme possible en accord avec l'encadrant)**

- a. Ajouter le code nécessaire au code initial du Webservice .
- b. Rédiger un **court** rapport, au format PDF, pour détailler le fonctionnement de votre programme, avec un exemple d'exécution (notice d'utilisation avec copie d'écran).
- c. Rédiger une courte **analyse de risques** en identifiant :
  - ◇ des biens à protéger en tant qu'actifs primaires et secondaires ;
  - ◇ des menaces sur ces biens ;
  - ◇ des relations entre les deux.

Pour rendre votre projet

- Vous créez une archive contenant :
  - ◇ le certificat racine de l'AC ;
  - ◇ les fichiers de configuration de l'AC ;
  - ◇ le certificat de l'application généré par l'AC ;
  - ◇ le mot de passe d'accès à la clé privée de l'AC ;
  - ◇ les sources de vos différents programmes Python ;
  - ◇ les scripts de requêtes curl ;
  - ◇ un exemple d'attestation réalisée avec votre application qui puisse être vérifié par votre programme ;
  - ◇ le rapport ;
  - ◇ l'analyse de risques.
- Vous déposerez l'archive sur Community.