Rapport de Projet : CryptoHack

Victor Bailleul Sébastien Leglise

Université de Caen Normandie / ENSICAEN

Année 2025-2026

UNIVERSITÉ CAEN NORMANDIE

ENSI CAEN
ÉCOLE PUBLIQUE D'INGÉNIEURS
CENTRE DE RECHERCHE

Plan de la présentation

Introduction

Contexte du projet

La plateforme CryptoHack

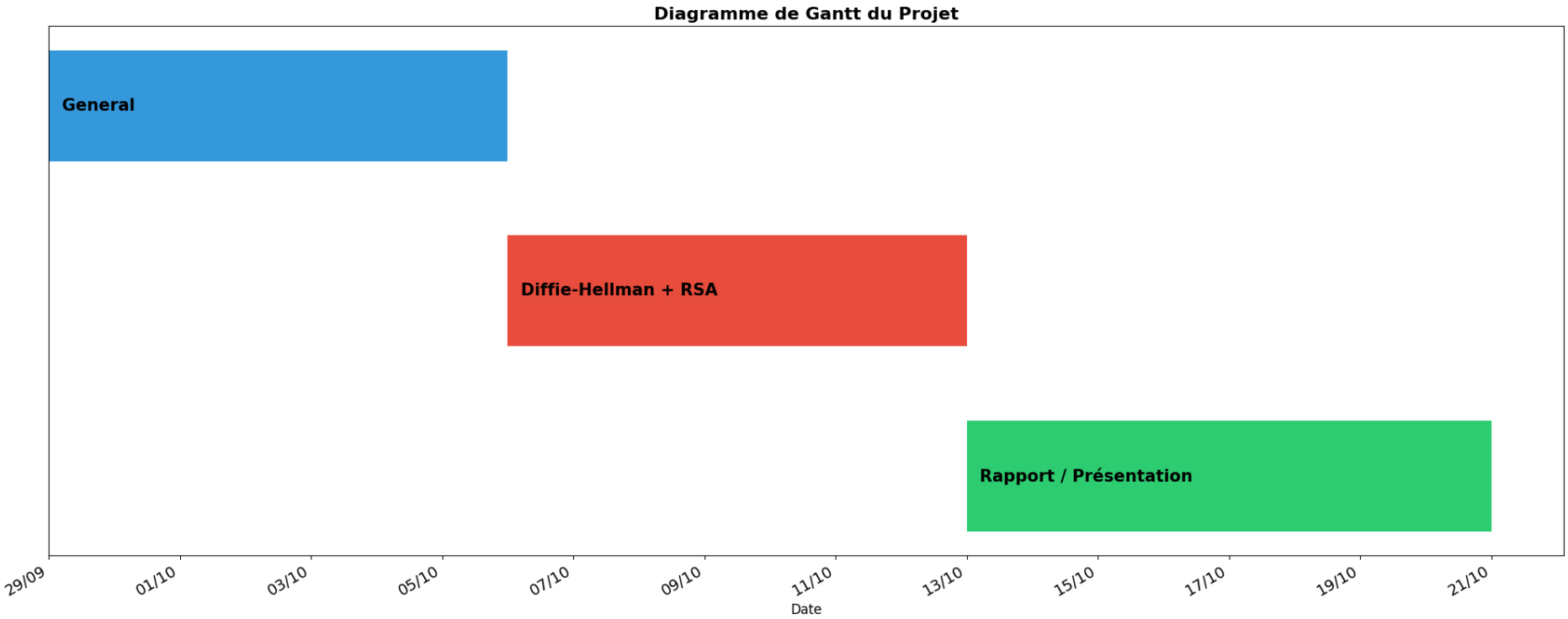
- Plateforme d'apprentissage dédiée à la **cryptographie moderne**.
- Résolution de défis à **difficulté croissante**.

L'intérêt des challenges de type CTF (*Capture The Flag*)

- **Principe :** *Gamification* de l'apprentissage en cybersécurité.
- **Bénéfices :**
  - Ancrage des connaissances par la **pratique**.
  - Développement de **compétences techniques** (analyse, résolution de problèmes).

Organisation du projet

Planification



Organisation du projet

Travailler en binôme

Répartition des tâches individuelles

	Catégorie de challenges abordées
Victor	General/**Encoding**, General/**XOR**, **Diffie-Hellman**
Sébastien	General/**Mathematics**, General/**Data Formats**, **RSA**

Travail commun et collaboration

L'ensemble du projet a été géré via un dépôt Git partagé sur GitHub. Cette approche nous a permis de :

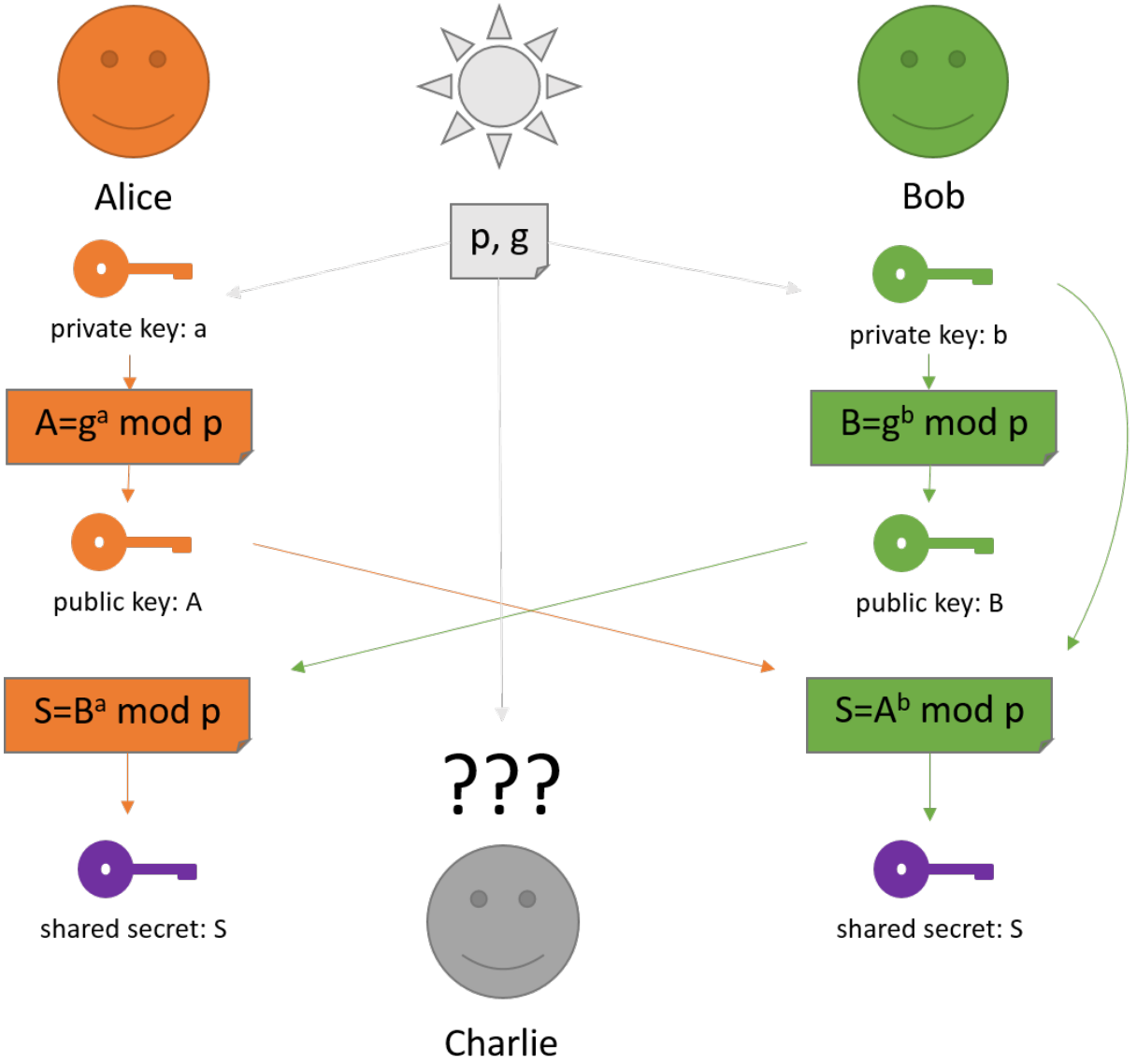
- **Centraliser le code** et les documents du projet.
- **Suivre les versions** pour éviter les conflits et les pertes de données.
- **Collaborer de manière asynchrone** sur les différentes parties du rapport et du code.

Challenge Diffie-Hellman

Man-in-the-middle

Diffie-Hellman : *Man-in-the-middle | Export grade*

Objectifs du challenge



Diffie-Hellman : *Man-in-the-middle | Export grade*

Méthode de résolution

```
➜  ~ nc socket.cryptohack.org 13379
```

Diffie-Hellman : *Man-in-the-middle | Export grade*

Méthode de résolution

```
➜ ~ nc socket.cryptohack.org 13379

Intercepted from Alice: {"supported": ["DH1536", "DH1024", "DH512", "DH256", "DH128", "DH64"]}
Send to Bob: {"supported" : ["DH64"]}
```

Diffie-Hellman : *Man-in-the-middle | Export grade*

Méthode de résolution

```
➜ ~ nc socket.cryptohack.org 13379

Intercepted from Alice: {"supported": ["DH1536", "DH1024", "DH512", "DH256", "DH128", "DH64"]}
Send to Bob: {"supported" : ["DH64"]}
Intercepted from Bob: {"chosen": "DH64"}
Send to Alice: {"chosen": "DH64"}
```

Diffie-Hellman : *Man-in-the-middle | Export grade*

Méthode de résolution

```
➜  ~ nc socket.cryptohack.org 13379

Intercepted from Alice: {"supported": ["DH1536", "DH1024", "DH512", "DH256", "DH128", "DH64"]}
Send to Bob: {"supported" : ["DH64"]}
Intercepted from Bob: {"chosen": "DH64"}
Send to Alice: {"chosen": "DH64"}
Intercepted from Alice: {"p": "0xde26ab651b92a129", "g": "0x2", "A": "0x34d2c1aa8641c97b"}
Intercepted from Bob: {"B": "0x801150310e5e819e"}
Intercepted from Alice: {"iv": "cde29bdd9db7363da970aed984ef33fd", "encrypted_flag": "074ce389d
```

Diffie-Hellman : *Man-in-the-middle* / *Export grade*

Méthode de résolution

```
➜ ~ nc socket.cryptohack.org 13379

Intercepted from Alice: {"supported": ["DH1536", "DH1024", "DH512", "DH256", "DH128", "DH64"]}
Send to Bob: {"supported" : ["DH64"]}
Intercepted from Bob: {"chosen": "DH64"}
Send to Alice: {"chosen": "DH64"}
Intercepted from Alice: {"p": "0xde26ab651b92a129", "g": "0x2", "A": "0x34d2c1aa8641c97b"}
Intercepted from Bob: {"B": "0x801150310e5e819e"}
Intercepted from Alice: {"iv": "cde29bdd9db7363da970aed984ef33fd", "encrypted_flag": "074ce389d
```

Étapes clés de l'attaque

- Attaque de type *Man-in-the-middle* pour manipuler la communication.
- Forcer Alice et Bob à utiliser un **paramètre de sécurité faible** (64 bits).
- La faiblesse du paramètre rend la résolution du **logarithme discret** possible, ce qui nous donne accès au secret partagé.

Calcul de la clé secrète partagée

Grâce aux paramètres faibles, nous pouvons résoudre le logarithme discret pour trouver la clé privée d'Alice (a) :

$$a = \log_g(A) \pmod{p}$$

Puis, nous utilisons cette clé privée pour calculer le secret partagé (s) avec la clé publique de Bob (B) :

$$s = B^a \pmod{p}$$

Une fois le secret partagé s obtenu, il ne reste plus qu'à dériver la clé pour obtenir le flag :

`crypto{d0wn6r4d35_4r3_d4n63r0u5}`

Challenge RSA

Vote for Pedro

Forger une signature RSA valide

```
N = 22266616657574989868109324252160663470925207690694094953312891282341426880506924648525181014287214350136557941201445475540830225059514652125310445352175047408966028497316806142156338927162621004774769949534239479839334209147097793526879762417526445739552772039876568156469224491682030314994880247983332964121759307658270083947005466578077153185206199759569902810832114058818478518470715726064960617482910172035743003538122402440142861494899725720505181663738931151677884218457824676140190841393217857683627886497104915390385283364971133316672332846071665082777884028170668140862010444247560019193505999704028222347577

e = 3

sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
sock.connect((host, port))
data = sock.recv(1024)
print(data)



T = b'VOTE FOR PEDRO'
c = bytes_to_long(T)

def cube_root_2_pow(c, k_max):
    s = c % 8
    for k in range(3, k_max):
        diff = s**3 - c
        d = diff // (2**k)
        t = (-d) % 2
        s = s + t * (2**k)
    return s

s = cube_root_2_pow(c, len(T)*8 + 8)
sign_hex = long_to_bytes(s).hex()

payload = {
    "option": "vote",
    "vote": sign_hex
}

sock.send(json.dumps(payload).encode())
flag = sock.recv(1024)
print(flag)
```

- Voter pour Pedro sans clé privée
- Exploiter l'exposant faible $e = 3$
- Obtenir le flag

Attaque par racine cubique

$$\text{Signature } s = \sqrt[3]{\text{Message}}$$
$$s^3 \equiv \text{Message} \pmod{N}$$

- Message court = "VOTE FOR PEDRO"
- Pas de padding = vulnérabilité

Signature forgée validée !

```python
#!/usr/bin/env python3

from Crypto.Util.number import bytes_to_long, long_to_bytes
from utils import listener

FLAG = "crypto{????????????????????}"


class Challenge():
    def __init__(self):
        self.before_input = "Place your vote. Pedro offers a reward to anyone who votes for him!\n"

    def challenge(self, your_input):
        if 'option' not in your_input:
            return {"error": "You must send an option to this server"}

        elif your_input['option'] == 'vote':
            vote = int(your_input['vote'], 16)
            verified_vote = long_to_bytes(pow(vote, ALICE_E, ALICE_N))

            # remove padding
            vote = verified_vote.split(b'\00')[-1]

            if vote == b'VOTE FOR PEDRO':
                return {"flag": FLAG}
            else:
                return {"error": "You should have voted for Pedro"}

        else:
            return {"error": "Invalid option"}


import builtins; builtins.Challenge = Challenge # hack to enable challenge to be run locally, see https://c
ryptohack.org/faq/#listener
listener.start_server(port=13375)
```

Flag obtenu

`crypto{y0ur_v0t3_i5_my_v0t3}`

- Vote accepté par le serveur

Bilan

Bilan du projet

Compétences Organisationnelles

- Planification de projet et gestion du temps.
- Travail collaboratif structuré via Git et GitHub.
- Documentation et rédaction de rapport scientifique.

Compétences Scientifiques

- Application pratique des concepts cryptographiques (Encoding, XOR, RSA, Diffie-Hellman).
- Analyse de protocoles et identification de leurs vulnérabilités.
- Mise en œuvre d'attaques sur des implémentations faibles (MitM, exposants faibles, etc.).
- Compréhension du lien entre sécurité théorique et défauts d'implémentation.

Des questions ?